

Школа ИШНПТ

Направление подготовки 15.03.01 Машиностроение

Отделение школы (НОЦ) Материаловедение

### БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

Тема работы
<b>Разработка технологии изготовления детали «Входной вал редуктора»</b>

УДК 621.81-2-047.84

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
З-8Л61	Ижбульдин Руслан Ринатович		05.06.2021

Руководитель ВКР

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОМ ИШНПТ	Козлов Виктор Николаевич	к.т.н., доцент		05.06.2021

### КОНСУЛЬТАНТЫ ПО РАЗДЕЛАМ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОСГН ШБИП	Трубченко Татьяна Григорьевна	к.э.н., доцент		05.06.2021

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент ООД	Мезенцева Ирина Леонидовна			05.06.2021

### ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Руководитель ООП	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
15.03.01	Ефременков Егор Алексеевич	к.т.н.		

## Планируемые результаты обучения по программе

Код результата	Результат обучения*
Общие по направлению подготовки (специальности)	
P1	Способность применять базовые и специальные знания в области математических, естественных, гуманитарных и экономических наук в комплексной инженерной деятельности на основе целостной системы научных знаний об окружающем мире; умение использовать основные законы естественнонаучных дисциплин, методы математического анализа и моделирования, основы теоретического и экспериментального исследования в комплексной инженерной деятельности с целью моделирования объектов и технологических процессов в машиностроении, используя стандартные пакеты и средства автоматизированного проектирования машиностроительной и сварочной продукции.
P2	Демонстрировать понимание сущности и значения информации в развитии современного общества, владение основными методами, способами и средствами получения, хранения, переработки информации; использование для решения коммуникативных задач современных технических средств и информационных технологий.
P3	Способность самостоятельно применять методы и средства познания, обучения и самоконтроля, осознавать перспективность интеллектуального, культурного, нравственного, физического и профессионального саморазвития и самосовершенствования, уметь критически оценивать свои достоинства и недостатки.
P4	Способность эффективно работать индивидуально и в качестве члена команды, демонстрируя навыки руководства отдельными группами исполнителей, в том числе над междисциплинарными проектами, уметь проявлять личную ответственность, приверженность профессиональной этике и нормам ведения профессиональной деятельности.
P5	Демонстрировать знание правовых, социальных, экологических и культурных аспектов комплексной инженерной деятельности, осведомленность в вопросах охраны здоровья, безопасности жизнедеятельности и труда на машиностроительных и строительно-монтажных производствах.
P6	Осуществлять коммуникации в профессиональной среде и в обществе в целом, в том числе на иностранном языке; анализировать существующую и разрабатывать самостоятельно техническую документацию; четко излагать и защищать результаты комплексной инженерной деятельности на предприятиях машиностроительного, строительно-монтажного комплекса и в отраслевых научных организациях, участвовать в работе над инновационными проектами, используя базовые методы исследовательской деятельности, основанные на систематическом изучении научно-технической информации, отечественного и зарубежного опыта, проведении патентных исследований
P7	Умение проводить предварительное технико-экономическое обоснование проектных решений, выполнять организационно-плановые расчеты по созданию или реорганизации производственных участков, планировать работу персонала и фондов оплаты труда, применять прогрессивные методы эксплуатации технологического оборудования при изготовлении изделий машиностроения и сварочного производства
P8	Умение применять стандартные методы расчета деталей и узлов машиностроительных изделий и конструкций, выполнять проектно-конструкторские работы, составлять и оформлять проектную и технологическую документацию соответственно стандартам, техническим условиям и другим нормативным документам, в том числе с использованием средств автоматизированного проектирования, выполнять работы по стандартизации, технической подготовке к сертификации технических средств, систем, процессов, оборудования и материалов,

	организовывать метрологическое обеспечение технологических процессов, подготавливать документацию для создания системы менеджмента качества на предприятии.
Профиль 3 (Технология, оборудование и автоматизация машиностроительных производств)	
P11	Умение применять современные методы для разработки малоотходных, энергосберегающих и экологически чистых машиностроительных и строительно-монтажных технологий, обеспечивающих безопасность жизнедеятельности людей и их защиту от возможных последствий аварий, катастроф и стихийных бедствий, умение применять способы рационального использования сырьевых, энергетических и других видов ресурсов в машиностроении и строительстве, применять методы стандартных испытаний по определению физико-механических свойств и технологических показателей используемых материалов и готовых изделий.
P12	Умение обеспечивать соблюдение технологической дисциплины при изготовлении изделий машиностроительного производства, осваивать новые технологические процессы производства продукции, применять методы контроля качества новых образцов изделий.

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
федеральное государственное автономное  
образовательное учреждение высшего образования  
«Национальный исследовательский Томский политехнический университет» (ТПУ)

Школа ИШНПТ

Направление подготовки (специальность) 15.03.01 Машиностроение

Отделение школы (НОЦ) Материаловедение

УТВЕРЖДАЮ:

Руководитель ООП

Ефременков Е.А.  
(Подпись)      (Дата)      (Ф.И.О.)

### ЗАДАНИЕ

#### на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме:

Бакалаврской работы

(бакалаврской работы, дипломного проекта/работы, магистерской диссертации)

Студенту:

Группа	ФИО
3-8Л61	Ижбульдин Руслан Ринатович

Тема работы:

Разработка технологии изготовления детали «Входной вал редуктора»	
Утверждена приказом директора (дата, номер)	21.04.2021 №111-34/с

Срок сдачи студентом выполненной работы:

05.06.2021

### ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

#### Исходные данные к работе

*(наименование объекта исследования или проектирования; производительность или нагрузка; режим работы (непрерывный, периодический, циклический и т. д.); вид сырья или материал изделия; требования к продукту, изделию или процессу; особые требования к особенностям функционирования (эксплуатации) объекта или изделия в плане безопасности эксплуатации, влияния на окружающую среду, энергозатратам; экономический анализ и т. д.).*

Чертёж детали «Входной вал редуктора».  
Годовая программа выпуска 5000 шт./год.  
Особых требований нет.

Двухсменная работа, пятидневная рабочая неделя,  
В цехе ведется также обработка других похожих деталей.

<p><b>Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов</b></p> <p><i>(аналитический обзор по литературным источникам с целью выяснения достижений мировой науки техники в рассматриваемой области; постановка задачи исследования, проектирования, конструирования; содержание процедуры исследования, проектирования, конструирования; обсуждение результатов выполненной работы; наименование дополнительных разделов, подлежащих разработке; заключение по работе).</i></p>	<p>Технологическая часть: Определение типа производства, анализ технологичности конструкции детали, разработка маршрутного техпроцесса, размерный анализ, расчёт режимов резания, расчёт штучно-калькуляционного времени на каждую механообрабатывающую операцию.</p> <p>Конструкторская часть: расчёт и проектирование механизированного приспособления для фрезерования закрытого шпоночного паза на конической части вала.</p>
<p><b>Перечень графического материала</b></p> <p><i>(с точным указанием обязательных чертежей)</i></p>	<p>Чертеж детали и исходной заготовки, размерный анализ технологического процесса, карта технологического процесса, чертеж приспособления.</p>
<p><b>Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы</b></p> <p><i>(с указанием разделов)</i></p>	
<b>Раздел</b>	<b>Консультант</b>
Технологический и конструкторский	Козлов Виктор Николаевич
Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Трубченко Татьяна Григорьевна
Социальная ответственность	Мезенцева Ирина Леонидовна
<p><b>Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках:</b></p>	
<p><b>Реферат</b></p>	

Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику	16.12.2020
--	------------

**Задание выдал руководитель / консультант (при наличии):**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОМ ИШНПТ	Козлов Виктор Николаевич	к.т.н., доцент		16.12.2020

**Задание принял к исполнению студент:**

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-8Л61	Ижбульдин Руслан Ринатович		16.12.2020

## РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа содержит 123 страниц, 20 рисунка, 25 таблицы, 20 источников литературы, 6 приложений.

Ключевые слова в работе: вал конический, штамповка, технологический процесс, размерный анализ, приспособление для фрезерования закрытого шпоночного паза на конической части вала.

Рассмотренным объектом исследования являются вал, его технологический процесс и приспособление для изготовления.

Цель работы заключается в разработке наиболее эффективного технологического процесса с экономической и технологической точки зрения.

В ходе разработки проводились: изучение базового технологического процесса, проектирование техпроцесса конического вала, расчет припусков, расчет технологических размеров, расчет норм времени выполнения операций техпроцесса, подбор оборудования, расчёт и проектирование приспособления с пневмоприводом для закрепления заготовки при фрезеровании закрытого шпоночного паза на конической части вала.

Основные конструктивные, технологические и технико-эксплуатационные характеристики: вал — деталь машины, предназначенная для передачи крутящего момента и восприятия действующих сил со стороны расположенных на нём деталей и опор. В качестве материала для изготовления детали используется сталь 40Х.

Выпускная квалификационная работа содержит основные разделы: технологический, конструкторский, финансового менеджмента, ресурсоэффективности и ресурсосбережение, социальной ответственности.

## **THE ABSTRACT**

The final qualifying work contains 123 pages, 20 figures, 25 tables, 20 sources of literature, 6 appendices.

Keywords in the work: conical shaft, stamping, technological process, dimensional analysis, device for milling a closed keyway on the conical part of the shaft.

The considered object of research is the shaft, its technological process and the device for manufacturing.

The purpose of the work is to develop the most efficient technological process from an economic and technological point of view.

During the development, the following activities were carried out: the study of the basic technological process, the design of the technical process of the conical shaft, the calculation of allowances, the calculation of technological dimensions, the calculation of the time standards for performing operations of the technical process, the selection of equipment, the calculation and design of a device with a pneumatic drive for fixing the workpiece when milling a closed keyway on the conical part of the shaft.

The main design, technological and technical and operational characteristics: the shaft is a machine part designed to transmit torque and perceive the acting forces from the parts and supports located on it. As a material for the manufacture of the part, 40X steel is used.

The final qualification work contains the main sections: technological, design, financial management, resource efficiency and resource conservation, social responsibility.

## Оглавление

ВВЕДЕНИЕ.....	10
1. Технологический раздел .....	11
1.1. Исходные данные .....	11
1.2. Определение типа производства.....	13
1.3. Расчет количества деталей запуска на обработку (размер партии).....	14
2. Проектирование технологического процесса механической обработки детали.....	14
2.1. Анализ технологичности конструкции детали .....	14
2.2. Разработка маршрута технологии изготовления детали.....	16
3. Расчет припусков и технологических размеров.....	23
3.1. Расчет минимальных припусков на обработку.....	23
3.2. Расчет технологических размеров.....	29
3.2.1. Расчет технологических размеров для обработки Ø30g6.....	29
3.2.2. Расчет технологических размеров для обработки Ø40t7.....	33
4. Размерный анализ разрабатываемого технологического процесса изготовления детали.....	37
4.1. Выбор оборудования.....	44
5. Расчет и назначение режимов обработки.....	50
6. Нормирование технологического процесса.....	68
7. Конструкторский раздел.....	72
8. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение.....	78
8.1. Потенциальные потребители результатов исследования.....	78
8.2. Анализ конкурентных технических решений.....	79
8.3. SWOT-анализ.....	80
8.4. Планирование научно-исследовательских работ.....	82
8.4.1. Структура работ.....	82
8.4.2. Разработка графика проведения научно-технического исследования.....	83
8.5. Бюджет научно-технического исследования.....	86
8.5.1. Расчет материальных затрат.....	86
8.5.2. Расчет амортизационных отчислений.....	87
8.5.3. Расчет заработной платы и отчислений во внебюджетные фонды.....	87
8.5.4. Расчет общей стоимости.....	89
8.6. Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования.....	89
9. Социальная ответственность.....	96
Введение.....	96
9.1. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности.....	96
9.2. Производственная безопасность.....	97
9.2.1. Анализ опасных и вредных факторов.....	98
9.3. Обоснование мероприятий по снижению уровней воздействия опасных и вредных факторов.....	102



9.4. Экологическая безопасность.....	103
9.5. Безопасность в чрезвычайных ситуациях.....	104
Заключение.....	107
Список литературы.....	108
Приложение А (обязательное) .....	110
Чертёж детали	
Приложение Б (обязательное).....	112
Чертёж исходной заготовки	
Приложение В (обязательное).....	114
Карта технологического процесса	
Приложение Г (обязательное).....	117
Граф технологических размеров и комплексная схема обработки	
Приложение Д (обязательное).....	119
Сборочный чертеж приспособления	
Приложение Е (обязательное).....	121
Спецификация сборочного чертежа приспособления	

## **ВВЕДЕНИЕ**

Эффективность производства, его технический прогресс, качество выпускаемой продукции во многом зависят от опережающего развития производства нового оборудования, станков, станочного оборудования и приборов, от внедрения методов технико-экономического анализа, обеспечивающих решение технических вопросов и экономическую эффективность технологической и конструкторской разработки.

Целью данной работы является разработка технологического процесса вала с конической поверхностью, с расчётом припусков, технологических размеров, режимов резания и времени на обработку каждой операции, назначением технологической оснастки, выбором режущих и измерительных инструментов, расчётом требуемой мощности оборудования, выбором модели станка на каждую операцию и конструирования пневматического приспособления для одной из операций (для фрезерования шпоночного паза 8Н9 с зажимом на призме с пневмприводом). Это позволит получить необходимые навыки для освоения технологии изготовления деталей и позволит улучшить теоретические знания по дисциплине "Технология машиностроения". Так же были разработаны разделы «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение», «Социальная ответственность».

## **1. Технологическая раздел**

### **1.1. Исходные данные**

Деталь, на которую необходимо спроектировать технологический процесс, представлена на рисунке 1.1. На чертеже имеются все необходимые виды и разрезы, её конфигурация понятна, указаны все размеры и требуемая точность, шероховатость, указаны требования к расположению поверхностей. На чертеже указан материал и требования к термообработке, указан вес детали и указан правильный масштаб. Годовая программа выпуска детали 5 000 шт.

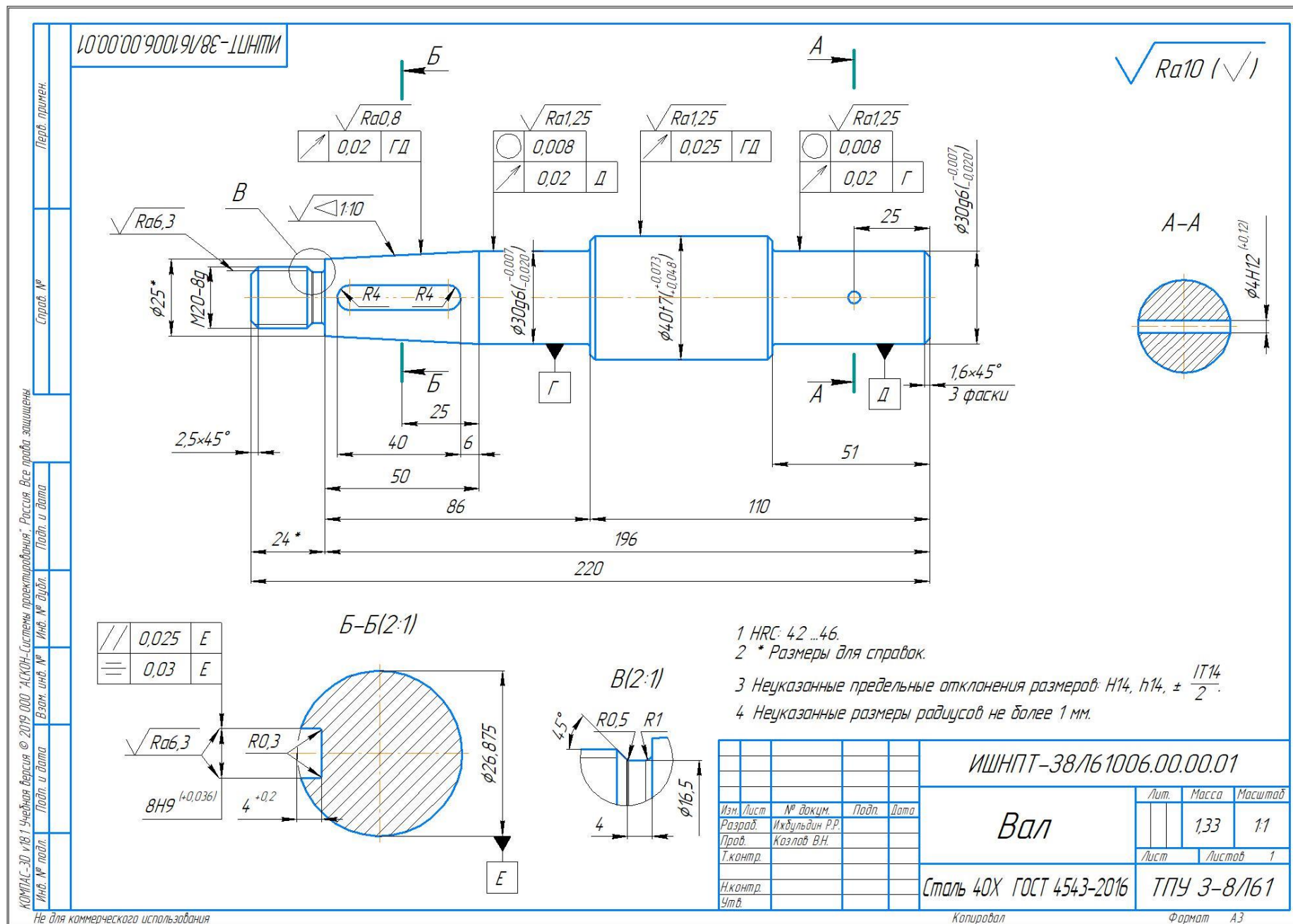


Рис.1.1. Чертеж детали

## 1.2. Определение типа производства

Годовая программа изделий  $N = 5\,000$  штук.

Реальный годовой фонд времени работы оборудования определяется из рекомендаций по таблице 4 [4, стр. 23] для работы в две смены:  $F_{\partial}=4015$  ч. Мы определяем такт выпуска деталей:

$$t_{\partial} = \frac{F_{\partial} \cdot 60}{N} = \frac{4015 \cdot 60}{5000} = 48,18_{мин}$$

где  $F_{\partial}$  – действительный (реальный) годовой фонд времени работы оборудования, час. Данные о существующем аналогичном заводском технологическом процессе или о комплексной детали приведены в таблице 1.

Таблица 1. Продолжительность работы существующего заводского технологического процесса

№ операции	Наименование операции	$T_{ш.к.ср}$ , мин.
010	Фрезерно-центровальная операция	0,7
015	Токарная операция	8,0
020	Токарная операция	1,7
025	Вертикально-сверлильная операция	0,5
030	Фрезерная операция	0,5
035	Термическая	0,8
035	Шлифовальная операция	0,4
040	Шлифовальная операция	2,7
045	Шлифовальная операция	1,8
Общее время на выполнение всех операций $\sum T_{ш.к.i} = 17,1$ мин.		

Количество операций  $n=9$ .

Общее время на выполнение всех операций:

$$\sum T_{ш.к.i} = 17,1 \text{ минут.}$$

Определим среднее время на выполнение операций по формуле:

$$T_{ср} = \frac{\sum_{i=1}^n T_{ш.к.i}}{n} = 17,1/9 = 1,9 \text{ мин.}$$

Коэффициент закрепления операций определим по формуле:

$$K_{3.0} = \frac{t_{\partial}}{T_{ср}} = 48,18/1,9 = 25,4.$$

Учитывая, что  $20 \leq K_{3.0} \leq 40$ , принимаем, что тип производства мелкосерийный, но близок к среднесерийному.

### 1.3. Расчет количества деталей запуска на обработку (размер партии)

Годовая программа выпуска  $N = 5\,000$  штук;  $T_{\text{ср}} = 1,9$  мин.

Периодичность запуска детали в производство  $a = 5$  дней.

Количество рабочих дней в году  $F = 240$  дней.

Определим расчетное количество частей (деталей) в партии по формуле:

$$n = N \times a / F = 5\,000 \times 5 / 240 = 104 \text{ штук},$$

где  $a$  – количество дней хранения. Для небольших и недорогих деталей это 5...10 дней. Но больше дней хранения означает больше незавершенного производства, поэтому мы принимаем  $a = 5$  дней.

Расчетное количество смен для обработки деталей, установленных на участке (цехе), определяется по формуле:

$$c = (T_{\text{ср}} \times n) / (480 \times 0,8) = (1,9 \times 104) / (480 \times 0,8) = 0,51 \text{ смены}.$$

Принимаем количество смен для обработки деталей, установленное на участке:  $K_{\text{см}} = 2$  смены.

Принятое количество деталей в партии:

$$n_{\text{шт}} = K_{\text{см}} \times 480 \times 0,8 / T_{\text{ср}} = 2 \times 480 \times 0,8 / 1,9 = 404 \text{ штук} \approx 400 \text{ штук}.$$

## 2. Проектирование технологического процесса механической обработки детали

### 2.1. Анализ технологичности конструкции детали

Деталь (заготовка) изготавливается из стали 40Х (0,40% углерода С, Сг-1%, серы  $S < 0,09\%$ ; фосфора  $P < 0,035\%$ ), поэтому заготовку можно получить различными способами: горячей или холодной прокаткой, штамповкой (вырубкой), ковкой, разливкой, изготовление из прутка. Деталь имеет большую разницу в диаметрах, поэтому нежелательно использовать прутки (катанку) в качестве заготовки из-за увеличения трудоёмкости обдирки и отхода в металлолом. Использовать технологии литья или штамповки можно для массового и серийного производства. Но при производстве стали более предпочтительна штамповка (во избежание пустот в корпусе заготовки).

Структура материала более однородна, поэтому лучше использовать кованные или штампованные заготовки.

Предварительная обработка наружных поверхностей производится на токарном станке, шпоночный паз 8H9 на конической поверхности - на вертикально-фрезерном станке с использованием специального приспособления с зажимом на призмах с пневмоприводом, обработка резьбы M20-7g - плашкой на токарном станке.

Коническая поверхность с конусностью  $C=1:10$  должна быть предварительно обработана на токарном станке с ЧПУ.

Окончательная обработка должна производиться на шлифовальных станках, так как размеры  $\varnothing 30g6$  и  $\varnothing 40t7$  должны быть выполнены с жёсткими допусками (по шестому и седьмому качеству соответственно) и с небольшой шероховатостью поверхностей ( $Ra \leq 0,8$  и  $Ra \leq 1,25$  мкм). Коническая поверхность с конусностью  $C=1:10$  после закалки окончательно должна быть обработана на кругло шлифовальном станке.

Торцевые поверхности детали следует обрабатывать токарной обработкой, так как по длине вала 220h14 высокая точность не требуется.

Форма детали удобна для изготовления. Обработка наружных поверхностей должна осуществляться на черновых и получистых операциях. Также необходимо использовать центральные отверстия для закрепления в центрах при обработке на токарных и шлифовальных операциях для получения более высокой точности радиальных поверхностей  $\varnothing 30g6$ ,  $\varnothing 40t7$ , конической поверхности с конусностью  $C=1:10$  (допуск радиального биения 0,02 мм). Исходную штампованную заготовку вала можно обработать на фрезерно-центровальном станке, или сначала на фрезерном станке фрезеровать торцы, а на следующей операции (операциях) сверлить центральные (центровочные) отверстия.

Конфигурация детали обеспечивает легкое удаление стружки. Данный тип заготовки позволяет изготавливать деталь, закрепляя ее в универсальном самоцентрирующем 3-х кулачковом патроне для черновых операций, но

лучше обрабатывать в центрах. Использование точных приспособлений при окончательной обработке необходимо в связи с жёстким допуском (0,02 мм) на радиальное биение наружных цилиндрических поверхностей Ø30g6 и 40t7 и конической поверхности относительно поверхностей под подшипники Ø30g6.

Требуется применение термической операции. Материал (сталь 40X) позволяет осуществлять закалку с заданной твердостью, лучше использовать сталь 40X для снижения требуемой скорости охлаждения и возможной деформации детали. Окончательная обработка поверхностей с точными размерами (Ø30g6, 40t7 и конической поверхности  $C=1:10$ ) должна быть выполнена после термической операции для устранения возможной деформации детали. При этом на окончательную обработку необходимо оставить достаточный припуск для устранения возможной деформации детали при закалке и отпуске.

## **2.2 Разработка маршрута технологии изготовления детали**

Проектирование технологических процессов (ТП) обработки начинается с изучения назначения детали, ее технических требований, а также норм точности и программы выпуска, анализа возможности предприятия по обработке данной детали.

Проектирование ТП представляет собой альтернативную задачу, для правильного решения которой требуется ряд вычислений. Перед началом проектирования видов обработки заготовочных поверхностей и методов достижения их точности, соответствующих требованиям чертежа, необходимо определить или установить тип существующего в цехе технологического оборудования.

При низкой точности начальной заготовки ТП начинается с грубой обработки поверхностей, имеющих наибольшие напуски и припуски. Припуски удаляются в первую очередь с тех поверхностей, на которых возможны дефекты. Это делается с целью быстрого устранения дефектов и браковки заготовок с большой глубиной дефектов. Наиболее точные



поверхности обрабатываются в последнюю очередь.

В конце техпроцесса перед закалкой также выполняются мелкие операции (сверление отверстий, нарезание резьбы, снятие фасок, снятие заусенцев и т.д.). Легко повреждаемые поверхности обрабатываются на заключительном этапе ТП.

При необходимости закалки детали все второстепенные поверхности обязательно обрабатываются окончательно перед закалкой, точные поверхности – ранее, но не грубее девятого квалитета, оставляя припуск для окончательной обработки. Окончательная обработка поверхностей с точными размерами производится после термических операций.

Для рассматриваемой детали "вал" во время первой операции необходимо предварительно обработать центровочные отверстия на торцах вала, так как они будут базовой поверхностью для последующей операции. Перед сверлением центровочных отверстий торцы вала необходимо обточить или отфрезеровать. Последнее более предпочтительно, т.к. вал длинный и ступенчатый. При фрезеровании лучше всего использовать поверхности будущих шеек вала под подшипники, т.е. использовать базирование на двух разнесённых призмах. Для гарантированного удаления припуска на торцах вала следует выполнять базирование по одному из торцов – перед обработкой этот упор должен быть удалён после закрепления заготовки. Выдерживание длины вала от этого первого торца при настройке расстояния между двумя фрезами при одновременном фрезеровании торцов вала на фрезерно-центровальном станке позволит обеспечить удаление необходимого припуска на другом торце вала за счёт расчёта осевого размера исходной заготовки и его выдерживания при штамповке.

Так как требуется обеспечить точность взаимного расположения поверхностей  $\varnothing 30g6$  и конической поверхности  $S=1:10$ , то во второй операции необходимо предварительно обработать их в одном установе.

Обработка в центрах на этой операции позволяет обеспечить достаточно высокую точность по взаимному расположению всех цилиндрических и

конической поверхностей. Из-за небольшого крутящего момента, передаваемого от шпинделя к валу через хомутик, особенно в случае закрепления его на поверхность под резьбу M20-8g, необходим расчёт передачи крутящего момента через хомутик – он должен быть минимум в 1,5 раза больше крутящего момента при обдирке или черновой обточке цилиндрической поверхности наибольшего диаметра (в будущем Ø40t7).

Если крутящий момент, передаваемый через хомутик, будет меньше, то в этой операции потребуется использовать самоцентрирующийся патрон для закрепления в нём левой стороны заготовки (лишается двух степеней свободы по цилиндрической поверхности заготовки и одной по торцу) с базированием вала по центральному отверстию на его правой стороне (лишается двух степеней свободы), чтобы уменьшить погрешность закрепления правой стороны вала в патроне, т.е. базирования левой стороны вала. Чем больше длина от места закрепления в патроне до зоны обточки в этом переходе, тем меньше скажется погрешность закрепления вала в патроне на радиальное биение при первой обработке поверхностей.

Для повышения точности засверливания центровых отверстий на торцах заготовки на первой операции требуется сначала обработать эти торцевые поверхности заготовки. Это лучше всего выполнить одновременным фрезерованием двух торцов на первой операции на фрезерно-центровальном станке с базированием будущих шеек под подшипники (Ø30g6) на двух призмах. Для уменьшения вибрации при фрезеровании торца с малым диаметром (под резьбу M20-8g) из-за большого вылета этой стороны вала относительно ближайшей базовой поверхности (Ø30g6) (примерно 86 мм) желательно на этой операции использовать дополнительную опору. Она должна быть подпружиненной, и при установке вала на призмы она должна перемещаться, чтобы не нарушить базирование на призмах. После закрепления заготовки на призмах её подвижная подпружиненная часть должна быть закреплена.

Для составления маршрута ТП необходимо предварительно определить

количество обработок каждой поверхности. Для этого лучше взять поверхность с наиболее точным размером и составить последовательность обработок. При этом припуски «наслаиваются» на конечные (конструкторские) размеры, что позволяет получить промежуточные технологические размеры. В нашей задаче наиболее точным внешним размером является  $\varnothing 30g6$ . Он должен быть обработан по 6 квалитету, до этого – по 9 квалитету, а ранее – по 11 квалитету. Технологические размеры начинаем записывать с конца (расчетный размер записывается первым) и переходим с правой стороны на левую:

$$\varnothing 32h12 \rightarrow \varnothing 30,4h9 \rightarrow \varnothing 30,1h7 \rightarrow \varnothing 30g6.$$

Если необходимо провести термообработку (закалку, отпуск и т.д.), то напомним маршрут обработки:

$$\varnothing 34h16 \rightarrow \varnothing 30,9h11 \rightarrow \varnothing 30,5h9 \rightarrow \text{Термообработка} \rightarrow \varnothing 30,1h7 \rightarrow \varnothing 30g6.$$

$$2Z_{\min} \approx 1,8 \text{ мм} \quad 2Z_{\min} \approx 0,4 \text{ мм}$$

$$2Z_{\min} \approx 0,4 \text{ мм} \quad 2Z_{\min} \approx 0,1 \text{ мм}$$

Такая последовательность позволяет избежать одной обработки (обточки по 7 квалитету до термообработки), однако это может привести к увеличению возможности возникновения дефектов и, следовательно, увеличению себестоимости изготовления детали.

В таблице 2.1 сначала последовательно размещаем операционные эскизы и указываем технологические размеры в форме  $A_{j,i}$ , где индекс  $j$  указывает номер операции, индекс  $i$  указывает номер перехода. Линейные размеры обычно обозначаются символом  $A$ , диаметры валов  $d$ , диаметры отверстий  $D$ , углов  $\alpha$ . Если рассматривается обработка корпусной детали, то размеры по разным взаимно перпендикулярным осям обозначаются разными символами:  $A$ ,  $B$ ,  $C$  и т.д.

Рядом с символом размера лучше дополнительно указать точность его обработки (числом – квалитет) и расположение поля допуска (основное отклонение – буквой), например,  $h14$ ,  $h9$ ,  $H12$ ,  $js9$ . Т.е. обозначение  $A_{1,3}(h12)$  говорит о том, что линейный размер в направлении оси  $A$  получается при обработке в 1-й операции в 3-ем переходе с полем допуска  $h12$ .

Окончательно значения промежуточных технологических размеров рассчитаем позже, после расчета минимальных припусков на обработку (табл. 3.1) и расчёта размерных цепей (если конструкторский размер, например,  $K_i$  не выдерживается непосредственно). В пояснительной записке в маршрутной карте указывается условное обозначение размеров, например,  $A_{3,4}(h9)$ , а на листах формата A1 – с указанием номинального размера (номинала) и отклонений (верхнего и нижнего), например,  $\varnothing 40^{+0,073}_{+0,046}$  мм. Комбинированная форма, например,  $\varnothing 40t7^{(+0,073)}_{(+0,046)}$ , может быть использована только в учебных целях.

Таблица 2.1. Маршрут обработки детали "вал"

<div>ИШНПТ-38/16/1006.001</div> <div>Томский Политехнический университет</div>										<div>ИШНПТ-38/16/1006.001</div>									
Схема технологического процесса																			
Материал										Заготовка									
Номер, отметка										Код и вид									
Сталь 40Х ГОСТ 4543-2016										Размеры профиля									
										Год-ой выпуск									
										Масса кг									
										10000									
Исходная штампованная заготовка																			
Намер										Инструмент									
Операция										Режущий									
Переход										Инструменты									
Название и содержание операции и перехода										Оборудование									
Операционный эскиз										Принадлежности									
1										2									
3										4									
5										6									
7										8									
9										10									
11										12									
13										14									
15										16									
17										18									
19										20									
21										22									
23										24									
25										26									
27										28									
29										30									
31										32									
33										34									
35										36									
37										38									
39										40									
41										42									
43										44									
45										46									
47										48									
49										50									
51										52									
53										54									
55										56									
57										58									
59										60									
61										62									
63										64									
65										66									
67										68									
69										70									
71										72									
73										74									
75										76									
77										78									
79										80									
81										82									
83										84									
85										86									
87										88									
89										90									
91										92									
93										94									
95										96									
97										98									
99										100									
101										102									
103										104									
105										106									
107										108									
109										110									
111										112									
113										114									
115										116									
117										118									
119										120									
121										122									
123										124									
125										126									
127										128									
129										130									
131										132									
133										134									
135										136									
137										138									
139										140									
141										142									
143										144									
145										146									
147										148									
149										150									
151										152									
153										154									
155										156									
157										158									
159										160									
161										162									
163										164									
165										166									
167										168									
169										170									
171										172									
173										174									
175										176									
177										178									
179										180									
181										182									
183										184									
185										186									
187										188									
189										190									
191										192									
193										194									
195										196									
197										198									
199										200									
201										202									
203										204									
205										206									
207										208									
209										210									
211										212									
213										214									
215										216									
217										218									
219										220									
221										222									
223										224									
225										226									
227										228									
229										230									
231										232									
233										234									
235										236									
237										238									
239										240									
241										242									
243										244									
245										246									
247										248									
249										250									
251										252									
253										254									
255										256									
257										258									
259										260									
261										262									
263										264									
265										266									
267										268									
269										270									
271										272									
273										274									
275										276									
277										278									
279										280									
281										282									
283										284									
285										286									
287										288									
289										290									
291										292									
293										294									
295										296									
297										298									
299										300									
301										302									
303										304									
305										306									
307										308									
309										310									
311										312									
313										314									
315										316									
317										318									
319										320									
321										322									
323										324									
325										326									
327										328									
329										330									
331										332									
333										334									
335										336									
337										338									
339										340									
341										342									
343										344									
345										346									
347										348									
349										350									
351										352									
353										354									
355										356									
357										358									
359										360									
361										362									
363										364									
365										366									
367										368									
369										370									
371										372									
373										374									
375										376									
377										378									
379										380									
381										382									
383										384									
385										386									
387										388									
389										390									
391										392									
393										394									
395										396									
397										398									
399										399									
400										400									
401										401									
402										402									
403										403									
404										404									
405										405									
406										406									
407										407									
408										408									
409										409									
410										410									
411										411									
412										412									
413										413									
414										414									
415										415									
416										416									
417										417									
418										418									
419										419									
420										420									
421										421									
422										422									
423										423									
424										424									
425										425									
426										426									
427										427									
428										428									
429										429									
430										430									
431										431									
432										432									
433										433									
434										434									
435										435									
436										436									
437										437									
438										438									
439										439									
440										440									
441										441									
442										442									
443										443									
444										444									
445										445									
446										446									
447										447									
448										448									
449										449									
450										450									
451										451									
452										452									
453										453									
454										454									
455										455									
456										456									
457										457									
458										458									
459										459									
460										460									
461										461									
462										462									
463										463									
464										464									
465										465									
466										466									
467										467									
468										468									
469										469									
470										470									
471										471									
472										472									
473										473									
474										474									
475										475									
476										476									
477										477									
478										478									
479										479									
480										480									
481										481									
482										482									
483										483									
484										484									
485										485									
486										486									
487										487									
488										488									
489										489									
490										490									
491										491									
492										492									
493										493									
494										494									
495										495									
496										496									
497										497									
498										498									
499										499									
500										500									
501										501									
502										502									
503										503									
504										504									
505										505									
506										506									
507										507									
508										508									
509										509									
510										510									
511										511									
512										512									
513										513									
514										514									
515										515									
516										516									
517										517									
518										518									
519										519									
520										520									
521										521									
522										522									
523										523									
524										524									
525										525									
526										526									
527										527									
528										528									
529										529									
530										530									
531										531									
532										532									
533										533									
534										534									
535										535									
536										536									
537										537									
538										538									
539										539									
540										540									
541										541									
542										542									
543										543									
544										544									
545										545									
546										546									
547										547									
548										548									
549										549									
550										550									
551										551									
552										552									
553										553									
554										554									
555										555									
556										556									
557										557									
558										558									
559										559									
560										560									
561										561									
562										562									
563										563									
564										564									
565										565									
566										566									
567										567									
568										568									
569										569									
570										570									
571										571									
572										572									
573										573									
574										574									
575										575									
576										576									
577										577									
578										578									
579										579									
580										580									
581										581									
582										582									
583										583									
584										584									
585										585									
586										586									
587										587									
588										588									
589										589									
590										590									
591										591									
592										592									
593										593									
594										594									
595										595									
596										596									
597										597									
598										598									
599										599									
600										600									
601										601									
602										602									
603										603									
604										604									
605										605									
606										606									
607										607									
608										608									
609										609									
610										610									
611										611									
612										612									
613										613									
614										614									
615										615									
616										616									
617										617									
618										618									
619										619									
620										620									
621										621									
622										622									
623										623									
624										624									
625										625									
626										626									
627										627									
628										628									

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	ИИИПТ-38/16.10.06.001	
		7	Нарезать резьбу 9 М20-8g резцовым резцом на проход Снять заготовку		Токарно-винторезный станок 16К20ФЗ		Резец резцовой 2660-0001 Т5К6 наружный ГОСТ 8985-73	Каждый-мелкий М20х1,5 пр.-нч ГОСТ 24997-2004		5	30	24	0.331	0.32		1600	176	0.11					
	3	1 2 3 4 5 6	Токарная обработка Закрыть заготовку Обработать поверхность 1 с3 2п12 и поверхность 2 Обработать поверхность 1 с3 3п9 Обработать фаску 3 Обработать фаску 4 Снять заготовку		Токарно-винторезный станок 16К20ФЗ	Центра Хомутик	Резец резцовой 2602-0055 Т5К6 ГОСТ 8987-73	Обработка поверхности в фаску старую отлить припуск (шероховатость)		1	27	51	195	0.5		1600	176	0.068					
	4	1 2 3	Вертикально-сверлильная Установить, закрепить заготовку, закрепить кондуктор. Прострогать отверстие 1 на проход, выдерживая размер 2. Снять заготовку		Вертикально-сверлильный станок 2Н125	Кондуктор	Сверло ф4, Р6М5 ГОСТ 10903-77	Штангенциркуль ШЛ-1-05-01 ГОСТ 166-89 кодификация 2год 4.0 НЧ пр.-нч ГОСТ 24017-75		1	4.5	30.7	8.0		1000	25.12	0.375						
	5	1 2	Фрезерование Установить и закрепить заготовку Обработать шпоночный паз соос. разреза Б-Б		Универсальный фрезерный Ф3251	Призма	Фрезо шпоночная 4.0х39х7мм, Р6М5 ГОСТ 940-78	Штангенциркуль ШЛ-1-05-01 ГОСТ 166-89 Штансы радиусные		1	8.0	31	8.0		1000	25.12	0.375						
	6		Термическая операция Закалить и отпустить до HRC 42...46																				
	7	1 2	Крашполировальная Установить и закрепить заготовку Обработать поверхность 1 с7,2		Крашполировальный станок полуавтомат ЗАБ1	Центра Хомутик	Микрометр МК50-1 ГОСТ 6507-90			11	φ200	50.5	0.331	5 мм/гн	2350	163128м/с	0.225						
	8	А 1 2	Крашполировальная Закрепить заготовку Шлифовать поверх. 1 предварительно Шлифовать поверх. 1 окончательно		Крашполировальный станок полуавтомат ЗАБ1	Центра Хомутик	Штангенциркуль ШЛ-1-05-01 ГОСТ 166-89			13	φ200	50	0.5	5 мм/гн	1670	104.8 (17.5м/с)	0.832						
	9	А 1 2	Крашполировальная Закрепить заготовку Шлифовать поверх. 1 предварительно Шлифовать поверх. 1 окончательно		Крашполировальный станок полуавтомат ЗАБ1	Центра Хомутик	Микрометр МК50-1 ГОСТ 6507-90			1	φ250	51	0.436	5 мм/гн	1670	104.8 (17.5м/с)	0.704						
	10	1 2	Крашполировальная Установить и закрепить заготовку Шлифовать поверх. 1 на проход		Крашполировальный станок полуавтомат ЗАБ1	Центра Хомутик				1	φ250	40	0.436	5 мм/гн	1670	104.8 (17.5м/с)	0.704						
	11		Контрольная операция Контролировать параметры детали согласно чертежу																				
ИИИПТ-38/16.10.06.001																							

### 3. Расчет припусков и технологических размеров

Чертим комплексную схему обработки и анализируем, все ли конструкторские размеры выдерживаются непосредственно, т.е. совпадают ли окончательные технологические размеры с конструкторскими. Если этого нет, то выделяем размерные цепи, в которые входит непосредственно не выдерживаемый конструкторский размер и минимальное количество технологических размеров.

#### 3.1. Расчет минимальных припусков на обработку

Припуск – это слой материала, удаляемый при обработке. Его минимальная толщина  $Z_{\min}$  зависит от многих факторов, но основными из них являются:

1. Шероховатость поверхности, полученная при предыдущей обработке (индекс  $i-1$ ) –  $Rz_{i-1}$ ;
2. Толщина дефектного слоя поверхности, полученного при предыдущей обработке –  $T_{\text{def } i-1}$ ;
3. Кривизна (искривление) поверхности, полученная от предыдущей обработки –  $\rho_{i-1}$ ;
4. Погрешность базирования и закрепления, полученная при рассматриваемой обработке (индекс  $i$ ) –  $\varepsilon_i$ .

Если припуск меньше минимального, то следы от предыдущей обработки останутся, что недопустимо. Припуск удаляется за один или несколько проходов, если его толщина слишком велика.

Минимальный припуск для рассматриваемой обработки (перехода) определяется из таблиц или рассчитывается по формулам, где для поверхностей вращения можно рассчитать минимальный припуск с учетом редкой вероятности возникновения в одном и том же направлении искривления поверхности, полученной при предыдущей обработке ( $\rho_{i-1}$ ) и погрешности базирования и крепления, полученной при рассматриваемой обработке ( $\varepsilon_i$ ):

$$2z_{\min.i} = 2 \cdot \left( R_{z,i-1} + T_{\partial,i-1} + \sqrt{(\rho_{i-1}^2 + \varepsilon_i^2)} \right) \quad (3.1)$$

где  $2z_{\min.i}$  – минимальный припуск поверхностей вращения для рассматриваемой обработки.

Для поверхностей вращения лучше рассчитать минимальный допуск с учетом вероятности возникновения в одном направлении искривления поверхности, полученной при предыдущем изготовлении ( $\rho_{i-1}$ ) и погрешности базирования и крепления, полученной при рассматриваемом изготовлении ( $\varepsilon_i$ ):

$$2z_{\min.i} = 2 \cdot (R_{zi-1} + T_{\partial i-1} + \rho_{i-1} + \varepsilon_i) \quad (3.2)$$

Для плоских поверхностей (не поверхностей вращения) минимальный припуск рассчитывается по формуле:

$$z_{\min.i} = R_{z,i-1} + T_{d,i-1} + \rho_{i-1} + \varepsilon_i \quad (3.3)$$

### **Расчет припуска для обработки поверхности Ø40t7**

Производим расчет припуска обработки поверхности Ø40t7 путем составления табл. 3.1, в которой последовательно записывается технологический маршрут обработки поверхности и все значения элементов припуска.

Общее значение  $R_z$  и  $T_{\text{def}}$ , характеризующее качество поверхности заготовки от процесса холодной прокатки, определяется из табл. 27 [4, стр. 66]. Для каждого последующего технологического перехода эти значения определяются из таблицы. 29 [4, с. 67].

Мы определяем полное отклонение искривления  $\rho_{\text{искр}}$  и смещения  $\rho_{\text{см}}$  по формуле:

$$\rho = \sqrt{(\rho_{\text{см}}^2 + \rho_{\text{искр}}^2)}, \quad (3.4)$$

где:  $\rho_{\text{см}}$  - отклонение заготовки по смещению относительно оси в радиальном направлении;  $\rho_{\text{искр}}$  - отклонение поверхности заготовки от прямолинейности.

Найден размер остаточного пространственного отклонения заготовки для обработки поверхности Ø30h7.



Погрешность заготовки по смещению определяется из табл. 32 [4, стр. 72]:

$$\rho_{\text{см}} = 0,360 \text{ мм} = 360 \text{ мкм},$$

Погрешность заготовки определяется произведением длины заготовки  $\ell$  на удельную погрешность  $q_l$ , которая зависит от способа изготовления заготовки на предыдущей операции:

$$\rho_{\text{искр}} = q_l \times \ell = 0,12 \times 60 = 7,2 \text{ мкм},$$

где удельную погрешность  $q_l$ , определена из табл. 32 [4, стр. 72].

Суммарная погрешность заготовки по искривлению и смещению:

$$\rho_0 = \sqrt{(360^2 + 7,2^2)} = 360,4 \mu\text{m} \approx 360 \text{ мкм}.$$

Остаточное пространственное отклонение заготовки  $\rho_0 = 360 \text{ мкм}$ .

После этого находим значение остаточного пространственного отклонения после предварительного точения (обдирочного точения), используя коэффициент остаточной погрешности  $k_{\text{ост}}$  (коэффициент наследственности) и суммарной погрешности заготовки  $\rho_0$ :

$$\rho_1 = k_{\text{ост}} \times \rho_0 = 0,08 \cdot 360 = 30 \text{ мкм}.$$

Остаточное пространственное отклонение после полустогового (окончательного) точения:

$$\rho_2 = k_{\text{ост}} \times \rho_0 = 0,02 \cdot 360 = 7,2 \approx 10 \text{ мкм},$$

Остаточное пространственное отклонение после шлифовки, с учётом дополнительной погрешности  $\rho_0 = 50 \text{ мкм}$ , появившейся при термообработке:

$$\rho_3 = k_{\text{ост}} \times \rho_0 = 0,1 \cdot 50 = 5 \text{ мкм}.$$

Таблица 3.1. – Расчет припуска и предельных технологических величин для технологических переходов при изготовлении поверхностей

Технологические переходы обработки поверхности	Элементы припуска, мкм				Расчетный припуск, $2Z_{\min}$ , мкм	Расчетный размер $d_c$ , мм	Допуск $T$ , мкм	Предельные размеры, мм	
	$R_z$	$T$	$\rho$	$\varepsilon$				$d_{\min}$	$d_{\max}$
<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>	<i>6</i>	<i>7</i>	<i>8</i>	<i>9</i>	<i>10</i>
<b>Наружная поверхность («вал») <math>\varnothing 40t7^{(+0,073}_{+0,048)}</math></b>									
Штамповка (h16) $\varnothing d_{0,1}$	150	150	360	---		44h16	1600	42,34	43,94
Обточка:									
черновая (h11) $\varnothing d_{2,2}$	40	40	30	100	2×770	40,8h11	160	40,64	40,8
получистовая (h9) $\varnothing d_{2,3}$	10	10	10	10	2×120	40,4h9	62	40,333	40,395
Термическая обработка HRC 42...46	20	50	50	---	–				
Шлифование (t7) $\varnothing d_{10,2}$	6	6	5	10	2×130	40t7	25	40,048	40,073
<b>Наружная поверхность <math>\varnothing 30g6^{(-0,007}_{-0,02})}</math></b>									
Штамповка (h16) $\varnothing d_{0,2}$	150	150	360	---		34h16	1600	32,44	34,04
Обточка:									
Обточка черновая(h11) $\varnothing d_{2,2}$	40	40	30	100	2×770	30,9h11	160	30,74	30,9
Обточка получистовая(h9) $\varnothing d_{2,3}$	10	10	10	10	2×120	30,5h9	62	30,36	30,422
Термическая обработка HRC 42...46	20	50	50	---	–				
Предварительная шлифовка (h7) $\varnothing d_{9,1}$	6	6	5	10	2×130	30,1h7	25	30,037	30,062
Окончательная шлифовка (g6) $\varnothing d_{9,2}$	3,2	4	3	5	2×22	30g6	13	29,98	29,993
<b>Наружная поверхность (длина вала) <math>220h14^{(-1,15)}</math></b>									
Штампованная заготовка (сторона А) (h16) $A_{0,1}$	160	250	350	---	–	225,8h16 (от необработанной поверхности Б до необработанной поверхности А)	2,9	222,88	225,78
Обработка стороны А (h14) $A^*_{1,2,2}$	40	40	21	120	880 $A_{1,2,1}=Z_{1,2,1}$	222,0 h14 (от необработанной поверхности Б до обработанной поверхности А) (уже рассчитано)			
Штампованная заготовка (сторона Б) (h14)	160	250	350	-	–	222,0 h14 (от необработанной поверхности Б до обработанной поверхности А)	1,150	220,88	222,03
Обработка стороны Б (одновременно со стороной А) (h14) $A_{1,2,2}$	40	40	21	120	880	220h14 (между обработанными поверхностями А и Б)	1,150	218,85	220,0

Так как заготовка закрепляется в самоцентрирующемся патроне, определим по формуле погрешность установки:

$$\varepsilon_i = \sqrt{(\varepsilon_b^2 + \varepsilon_f^2)} = \varepsilon_f = 100 \text{ мкм},$$

При погрешности базирования  $\varepsilon_b \rightarrow 0$  (т.к. при установке заготовки в приспособлении технологическая база совпадает с проектной базой);  $\varepsilon_f$  - погрешность закрепления (зажима).

Для детали "вал" минимальные припуски определяются уравнением (3.1) для обработки поверхности  $\varnothing 40t7^{(+0,073}_{+0,048})$

1. для предварительного точения (с допуском 11 квалитета):

$$2z_{\min.i} = 2 \cdot \left( R_{z,i-1} + T_{\partial,i-1} + \sqrt{(\rho_{i-1}^2 + \varepsilon_i^2)} \right) = 2 \cdot \left( 160 + 150 + \sqrt{(360^2 + 100^2)} \right) = 1840 \text{ мкм};$$

2. для получистого точения (с допуском 9 квалитета):

$$2z_{\min.i} = 2 \cdot \left( 40 + 40 + \sqrt{(30^2 + 10^2)} \right) = 369 \text{ мкм},$$

3. для шлифовки (с допуском 7 квалитета):

$$2z_{\min.i} = 2 \cdot \left( 20 + 50 + \sqrt{(50^2 + 10^2)} \right) = 68,3 \text{ мкм}.$$

Лучше учитывать мелкосерийное изготовление детали, а для повышения надежности изготовления рассчитаем минимальный припуск поверхности  $\varnothing 40t7$  по формуле (3.2) с учетом вероятности возникновения в одном и том же направлении искривления ( $\rho_{i-1}$ ) и погрешности базирования и крепления ( $\varepsilon_i$ ) для поверхностей вращения:

1. для предварительного точения (с допуском 11 квалитета):

$$2z_{\min.i} = 2 \cdot (R_{z,i-1} + T_{\partial,i-1} + \rho_{i-1} + \varepsilon_i) = 2(160 + 150 + 360 + 100) = 2 \times 770 = 1540 \text{ мкм};$$

2. для получистового точения (с допуском 9 квалитета):

$$2z_{\min.i} = 2(40 + 40 + 30 + 10) = 2 \times 120 = 240 \text{ мкм};$$

3. для шлифования (с допуском 7 квалитета):

$$2z_{\min.i} = 2(20 + 50 + 50 + 10) = 2 \times 130 = 260 \text{ мкм}.$$

Результаты расчетов по формуле (3.2) записываются в таблицу 3.1.

## Расчеты припуска для обработки поверхности Ø30g6

Мы делаем расчеты по обработке поверхности Ø30g6 путем составления таблицы 3.1, в которой последовательно записывается технологический маршрут обработки поверхности и все значения элементов припуска. Суммарные значения  $R_z$  и  $T_{def}$ , описывающие качество поверхности холоднокатаной заготовки, определяются с помощью табл. 27 [4, стр. 66]. Для каждого последующего технологического перехода эти значения определяются с помощью табл. 29 [4, с. 67].

Мы определяем полное отклонение смещения  $\rho_{см}$  и искривления  $\rho_{искр}$  по формуле (3.4):

$$\rho = \sqrt{(\rho_{см}^2 + \rho_{искр}^2)},$$

где:  $\rho_{см}$  - отклонение заготовки по смещению относительно оси в радиальном направлении;  $\rho_{искр}$  - отклонение заготовки от прямолинейности.

Погрешность заготовки при смещении определяется из табл. 32 [4, стр. 72]:

$$\rho_{см} = 0,5 \text{ мм} = 500 \text{ мкм}.$$

Погрешность заготовки определяется произведением длины заготовки  $\ell$  на относительную (удельную) погрешность  $\Delta w$ , которая зависит от способа изготовления заготовки в предыдущей операции:

$$\rho_{искр} = \Delta w \times \ell = 0,12 \times 52 = 6,24 \text{ мкм},$$

где определена относительная деформация  $\Delta w$  из табл. 32 [4, стр. 72].

Общее отклонение по искривлению и смещению:

$$\rho_0 = \sqrt{(350^2 + 6.24^2)} \approx 360 \text{ мкм},$$

Общее отклонение  $\rho_0 = 360 \text{ мкм}$ .

Мы находим размер остаточного пространственного отклонения для обработанной поверхности по 11 качеству

$$\rho_1 = \sqrt{C_0^2 + (\Delta_b \cdot L)^2} = \sqrt{2.5^2 + (0.6 \cdot 50)^2} \approx 30 \text{ мкм},$$

Так как заготовка закрепляется между двумя центрами (в центрах), мы будем определять по формуле:

$$\varepsilon_i = \sqrt{(\varepsilon_b^2 + \varepsilon_f^2)} = \varepsilon_f = 100 \text{ мкм},$$

Где отклонение базирования  $\varepsilon_b \rightarrow 0$  (т.к. при установке заготовки в приспособлении технологическая база совпадает с проектной базой);  $\varepsilon_f$  – погрешность закрепления (зажима).

Минимальные припуски для обработки поверхности  $\varnothing 30g6(-\frac{0.007}{0.02})$  рассчитываются по уравнению (3.2) для повышения надежности производства.

### Расчеты припуска для обработки поверхности 220h14

Производим расчеты обработки припусков по формуле (3.3) для поверхности 220h14(1.15) путем составления таб. 3.1, в которой последовательно записывается технологический маршрут обработки поверхности и все значения элементов припуска.

Лучше определить искривление поверхности, полученное при предыдущем изготовлении ( $\rho_{i-1}$ ) и ошибку базирования и крепления, полученную при рассматриваемом изготовлении ( $\varepsilon_i$ ) из справочника. Эти значения запишем в формулу (3.3):

- для предварительной обточки правого торца заготовки (с допуском 14 квалитета):

$$z_{\min i} = R z_{i-1} + T_{\text{def } i-1} + \rho_{i-1} + \varepsilon_i = 160 + 250 + 350 + 120 = 880 \text{ мкм};$$

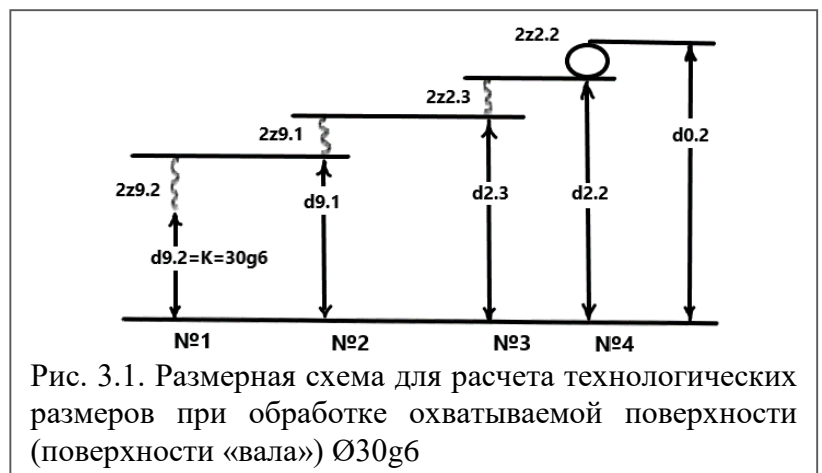
Результаты расчетов по формуле (3.3) записываются в таблицу 3.1.

## 3.2. Расчет технологических размеров

### 3.2.1. Расчет технологических размеров для обработки $\varnothing 30g6$

Мы производим расчеты технологических размеров с помощью анализа размерных схем. Нарисуем размерные схемы для обработки  $\varnothing 30g6(-\frac{0.007}{0.02})$  (рис. 3.1).

Технологический



размер  $\varnothing d_{6.3}$  должен быть равен конструкторскому размеру К (в нашем случае

$\varnothing 30g6(-\frac{0.007}{0.02})$ .

Иногда технологический размер, совпадающий с конструкторским, должен быть более точным (с меньшим допуском, но с тем же основным отклонением), если необходимо решить размерную схему.

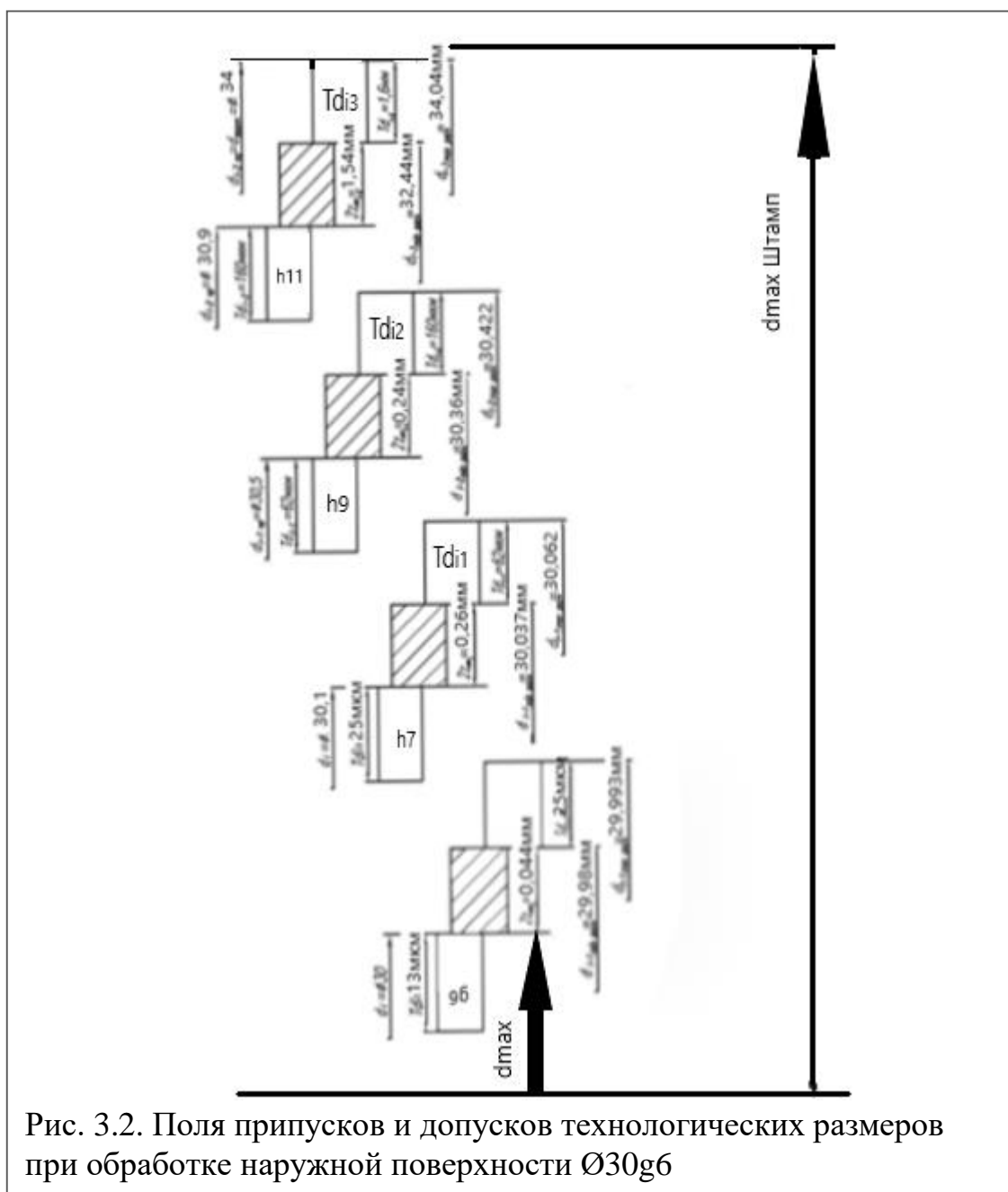
В нашем случае этого пока не требуется. Размер  $\varnothing d_{9.2}$  совпадает с конструкторским размером, он обрабатывается в третьем технологическом переходе шестой операции. Мы можем написать:  $\varnothing d_{9.2} = K = \varnothing 30g6(-\frac{0.007}{0.02})$ . Здесь и далее напомним технологический размер с индексом, который показывает номер технологической операции (первая цифра) и номер технологического перехода (вторая цифра), где этот технологический размер обрабатывается. Например, технологический размер  $\varnothing d_{9.2}$  обрабатывается в шестой операции и в третьем технологическом переходе (в третьем технологическом переходе шестой операции).

Припуск  $2z_{9.2}$  в цепи №1 рассчитывается по составляющим формулы припуска (см. уравнение 3.2), которые записаны в таблице 3.1.

Здесь и далее напомним припуск технологического размера с индексом, который показывает номер технологической операции (первая цифра) и номер технологического перехода (вторая цифра), где этот припуск удаляется (где обрабатывается технологический размер с тем же индексом). Например, припуск  $2z_{9.2}$  удаляется в шестой операции и в третьем технологическом переходе (при третьем технологическом переходе шестой операции), где обрабатывается технологический размер  $\varnothing d_{9.2}$ .

Расчёты технологических размеров выполняются по принципу: независимо от расположения поля допуска на конструкторский размер расположение поля допуска на охватываемые размеры, т.е. «валы», принимается по  $h$ , а охватывающие, т.е. «отверстий» – по  $H$ .

1. Найдём технологический размер  $\varnothing d_{9.2}$  с использованием размерной схемы № 1 (рис. 3.1 и 3.2):  $2z_{9.2 \min} = d_{9.1 \min} - d_{9.2 \max}$ .



Из этого уравнения рассчитаем минимальный технологический размер  $\varnothing d_{9,1}$ :  $d_{9,1 \min} = d_{9,2 \max} + 2Z_{9,2 \min} = 29,993 + 0,044 = 30,037$  мм, (см. таблицу 3.1, графы 10, 6 и 9);

Максимальный технологический размер  $\varnothing d_{9,1}$ :

$d_{9,1 \max} = d_{9,1 \min} + Td_{9,1} = 30,037 + 0,025 = 30,062$  мм, (см. таблицу 3.1, графы 9, 8 и 10).

Округляем номинальный размер в большую величину (т.к. "вал") с точностью до десятых долей миллиметра:  $30,062 \approx 30,1$  мм, т.е. принятый

технологический размер после предварительного круглого шлифования (с допуском 7-го качества) во втором технологическом переходе шестой операции  $\varnothing d_{9,1} = \varnothing 30,1h7_{(-0,013)}$  мм.

2. Найдём технологический размер  $\varnothing d_{2,3}$  (получистовая обточка по 9 качеству шейки подшипника перед термообработкой) с использованием размерной схемы №2.

Рассчитывается минимальный технологический размер  $\varnothing d_{2,3 \min}$ :

$$\varnothing d_{2,3 \min} = \varnothing d_{9,1 \max} + 2z_{9,1 \min} = 30,1 + 0,260 = 30,36 \text{ мм (см. таблицу 3.1, графы 7, 6 и 9);}$$

Рассчитывается наибольший допустимый технологического размера  $\varnothing d_{2,3 \max}$  с учётом допуска по 9 качеству  $Td_{2,3} = IT9 = 62 \text{ мкм} = 0,062 \text{ мм}$ .

$$\varnothing d_{2,3 \max} = \varnothing d_{2,3 \min} + Td_{2,3} = \varnothing d_{2,3 \min} + IT9 = 30,36 + 0,062 = 30,422 \text{ мм (см. таблицу 3.1, графы 9, 6 и 10).}$$

Номинальный размер округляется в большую величину (т.к. "вал") с точностью до десятых долей миллиметра:  $30,422 \approx 30,5 \text{ мм}$ , т.е. принятый технологический размер  $\varnothing d_{2,3}$  после получистовой обточки должен быть:  $\varnothing d_{2,3} = \varnothing 30,5h9_{(-0,062)}$  мм.

3. Найдём технологический размер  $\varnothing d_{2,2}$  с использованием типоразмерной схемы №3:

$$\varnothing d_{2,2 \min} = \varnothing d_{2,3 \max} + 2z_{2,3 \min} = 30,5 + 0,240 = 30,74 \text{ мм (см. таблицу 3.1, графы 7, 6 и 9);}$$

Рассчитывается наибольший допустимый технологического размера  $\varnothing d_{2,2 \max}$  с учётом допуска по 11 качеству  $Td_{2,2} = IT11 = 160 \text{ мкм} = 0,16 \text{ мм}$ .

$$\varnothing d_{2,2 \max} = \varnothing d_{2,2 \min} + Td_{2,2} = \varnothing d_{2,2 \min} + IT11 = 30,74 + 0,16 = 30,9 \text{ мм (см. таблицу 3.1, графы 9, 8 и 10);}$$

4. Найдём технологический размер  $\varnothing d_{0,2}$  (диаметр заготовки) с использованием типоразмерной схемы №4:

$$2z_{0,2 \min} = \varnothing d_{0,2 \min} - \varnothing d_{2,2 \max}; \rightarrow \varnothing d_{0,2 \min} = \varnothing d_{2,2 \max} + 2z_{0,2 \min}$$

$$\varnothing d_{0,2 \min} = \varnothing d_{2,2 \max} + 2z_{0,2 \min} = 30,9 + 2,02 = 32,92 \text{ мм;}$$

$$\varnothing d_{0,2 \max} = \varnothing d_{0,2 \min} + Td_{0,2} = 32,92 + 1,600 = 34,52 \text{ мм;}$$



$$\varnothing d_{0,2\text{рас}} = 34,52_{-1,6} \text{ мм.}$$

Мы принимаем  $\varnothing d_{0,2} = \varnothing 35h16_{(-1,6)} \text{ мм}$  - это предварительно (по приблизительным расчетам) принятый диаметр заготовки в соответствии со стандартом для диаметра производства холодной прокатки.

Мы пересчитываем запасы:

$$2z_{0,2\text{мин}} = \varnothing d_{0,2\text{мин}} - \varnothing d_{2,2\text{ max}} = 32,92 - 30,9 = 2,02 \text{ мм;}$$

$$2z_{0,2\text{max}} = \varnothing d_{0,2\text{max}} - \varnothing d_{2,2\text{ min}} = 35 - 30,74 = 4,26 \text{ мм.}$$

Глубина реза для расчета скорости резания рассчитывается по формуле:  
 $t = 2z/2.$

Эта максимальная глубина резания (необходимо рассчитать максимальное усилие резания для расчета силы зажима приспособлений)

$$t_{\text{max}} = 2z_{\text{max}}/2 = 4,26/2 = 2,13 \text{ мм}$$

$$\text{Минимальная глубина реза: мин} = 2z_{\text{мин}}/2 = 2,02/2 = 1,01 \text{ мм;}$$

Средняя глубина резания (необходимо рассчитать скорость резания):

$$t_{\text{ср}} = (t_{\text{max}} + t_{\text{min}})/2 = (2,13 + 1,01)/2 = 1,57 \text{ мм.}$$

Далее не будем пересчитывать запасы и глубину разреза, так как будем более точно определять технологические размеры (после размерного анализа технологического процесса).

### 3.2.2. Расчет технологических размеров для обработки $\varnothing 40t7$

Мы производим расчеты технологических размеров с помощью анализа размерных схем. Нарисуем размерные схемы для обработки  $\varnothing 40t7^{(+0,073}_{+0,048)}$  (рис. 3.3).

Технологический размер  $\varnothing d_{10,2}$  должен быть равен конструкторскому размеру К (в нашем случае  $\varnothing 40t7^{(+0,073}_{+0,048)}$ ).

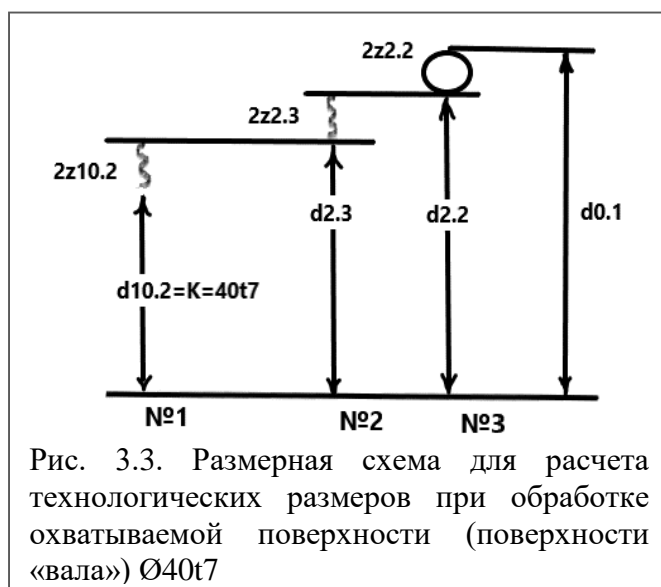


Рис. 3.3. Размерная схема для расчета технологических размеров при обработке охватываемой поверхности (поверхности «вала»)  $\varnothing 40t7$

Иногда технологический размер, совпадающий с конструкторским, должен быть более точным (с меньшим допуском, но с тем же основным

отклонением), если необходимо решить размерную схему.

В нашем случае этого пока не требуется. Размер  $\varnothing d_{10.2}$  совпадает с конструкторским размером, он обрабатывается в первом технологическом переходе шестой операции. Мы можем написать:  $\varnothing d_{10.2} = K = \varnothing 40t7^{(+0,073}_{+0,048})$ . Здесь и далее напомним технологический размер с индексом, который показывает номер технологической операции (первая цифра) и номер технологического перехода (вторая цифра), где этот технологический размер обрабатывается. Например, технологический размер  $\varnothing d_{10.2}$  обрабатывается в шестой операции и в первом технологическом переходе (в первом технологическом переходе шестой операции).

Припуск  $2z_{10.2}$  в цепи №1 рассчитывается по составляющим формулы припуска (см. уравнение 3.2), которые записаны в таблице 3.1.

Здесь и далее напомним припуск технологического размера с индексом, который показывает номер технологической операции (первая цифра) и номер технологического перехода (вторая цифра), где этот припуск удаляется (где обрабатывается технологический размер с тем же индексом). Например, припуск  $2z_{10.2}$  удаляется в шестой операции и в первом технологическом переходе (при первом технологическом переходе шестой операции), где обрабатывается технологический размер  $\varnothing d_{10.2}$ .

Расчёты технологических размеров выполняются по принципу: независимо от расположения поля допуска на конструкторский размер расположение поля допуска на охватываемые размеры, т.е. «валы», принимается по  $h$ , а охватывающие, т.е. «отверстий» – по  $H$ .

1. Найдём технологический размер  $\varnothing d_{2.3}$  (получистовая обточка по 9 качеству шейки подшипника перед термообработкой) с использованием размерной схемы № 1 (рис. 3.3 и 3.4):  $2z_{10.2 \min} = d_{2.3 \min} - d_{10.2 \max}$ . Из этого уравнения рассчитаем минимальный технологический размер  $\varnothing d_{2.3}$ :  $d_{2.3 \min} = d_{10.2 \max} + 2z_{10.2 \min} = 40,073 + 0,260 = 40,333$  мм, (см. таблицу 3.1, графы 10, 6 и 9);

Максимальный технологический размер  $\varnothing d_{2.3}$ :

$d_{2.3 \max} = d_{2.3 \min} + Td_{2.3} = 40,333 + 0,062 = 40,395$  мм, (см. таблицу 3.1, графы 9, 8 и 10).

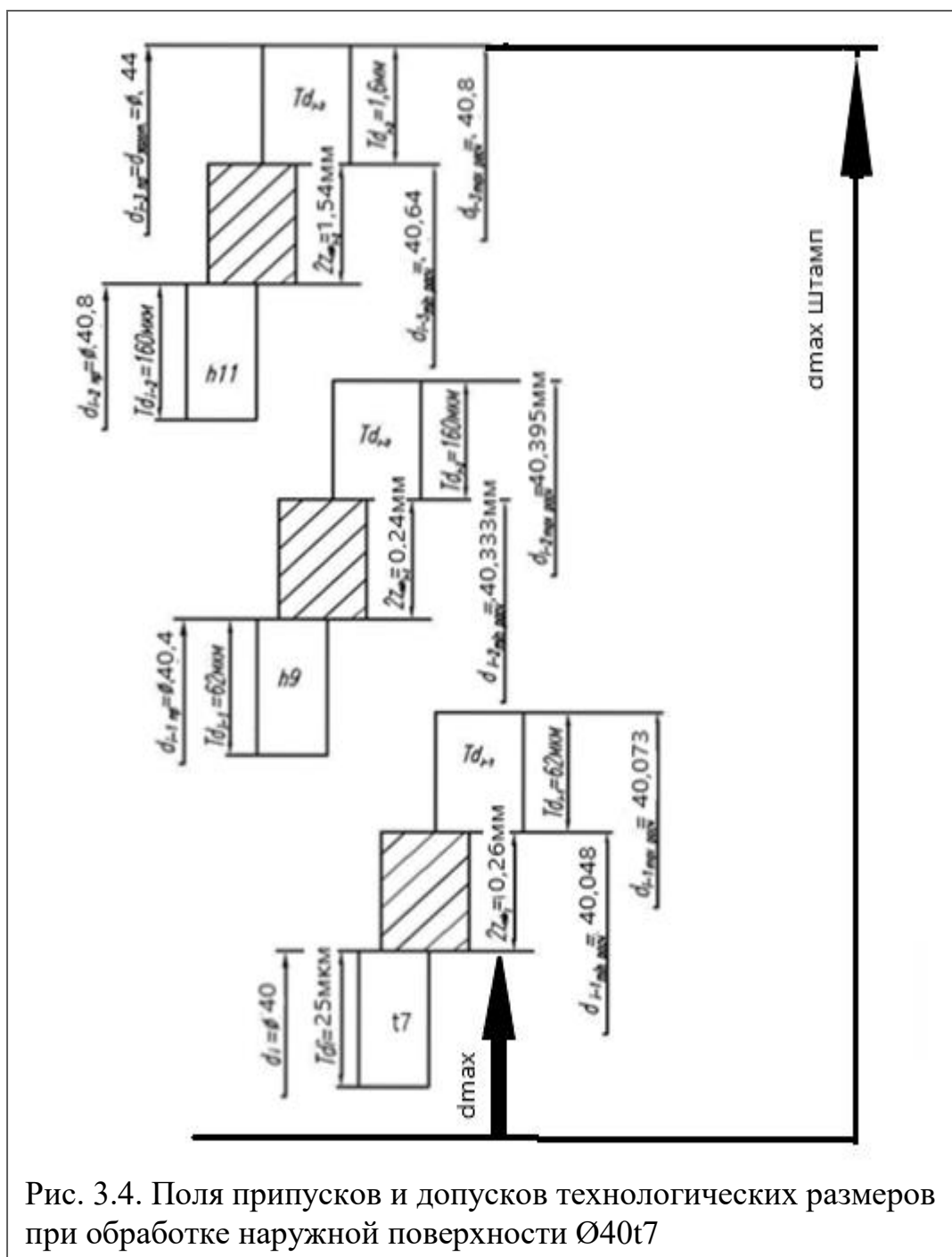


Рис. 3.4. Поля припусков и допусков технологических размеров при обработке наружной поверхности  $\varnothing 40t7$

Номинальный размер округляется в большую величину (т.к. «вал») с точностью до десятых долей миллиметра:  $40,395 \approx 40,4$  мм, т.е. принятый технологический размер  $\varnothing d_{2.3}$  после получистовой обточки должен быть:  $\varnothing d_{2.3} = \varnothing 40,4h9_{(-0.062)}$  мм.

2. Найдем технологический размер  $\varnothing d_{2.2}$  с использованием

типоразмерной схемы №2:

$\varnothing d_{2.2\min} = \varnothing d_{2.3\max} + 2z_{2.3\min} = 40,4 + 0,240 = 40,64 \text{ мм}$  (см. таблицу 3.1, графы 7, 6 и 9);

Рассчитывается наибольший допустимый технологического размера  $\varnothing d_{2.2\max}$  с учётом допуска по 11 качеству  $Td_{2.2} = IT11 = 160 \text{ мкм} = 0,16 \text{ мм}$ .  
 $\varnothing d_{2.2\max} = \varnothing d_{2.2\min} + Td_{2.2} = \varnothing d_{2.2\min} + IT11 = 40,64 + 0,16 = 40,8 \text{ мм}$ ,  
(см. таблицу 3.1, графы 9, 8 и 10);

3. Найдём технологический размер  $\varnothing d_{0.1}$  (диаметр заготовки) с использованием типоразмерной схемы №3:

$$2z_{2.2\min} = \varnothing d_{0.1\min} - \varnothing d_{2.2\max}; \rightarrow \varnothing d_{0.1\min} = \varnothing d_{2.2\max} + 2z_{2.2\min}$$

$$\varnothing d_{0.1\min} = \varnothing d_{2.2\max} + 2z_{2.2\min} = 40,8 + 1,54 = 42,34 \text{ мм};$$

$$\varnothing d_{0.1\max} = \varnothing d_{0.1\min} + Td_{0.1} = 42,34 + 1,600 = 43,94 \text{ мм};$$

$$\varnothing d_{0.1\text{рас}} = 43,94_{-1,6} \text{ мм}.$$

Мы принимаем  $\varnothing d_{0.1} = \varnothing 44h16_{(-1,6)} \text{ мм}$  - это предварительно (по приблизительным расчетам) принятый диаметр заготовки в соответствии со стандартом для диаметра производства холодной прокатки.

Мы пересчитываем запасы:

$$2z_{0.1\min} = \varnothing d_{0.1\min} - \varnothing d_{2.2\max} = 42,34 - 40,8 = 1,54 \text{ мм};$$

$$2z_{0.1\max} = \varnothing d_{0.1\max} - \varnothing d_{2.2\min} = 44 - 40,64 = 3,36 \text{ мм}.$$

Глубина реза для расчета скорости резания рассчитывается по формуле:  
 $t = 2z/2$ .

Эта максимальная глубина резания (необходимо рассчитать максимальное усилие резания для расчета силы зажима приспособлений)

$$t_{\max} = 2z_{\max}/2 = 3,36/2 = 1,68 \text{ мм}$$

$$\text{Минимальная глубина реза: мин} = 2z_{\min}/2 = 1,54/2 = 0,77 \text{ мм};$$

Средняя глубина резания (необходимо рассчитать скорость резания):

$$t_{\text{ср}} = (t_{\max} + t_{\min})/2 = (1,68 + 0,77)/2 = 1,225 \text{ мм}.$$

Далее не будем пересчитывать запасы и глубину разреза, так как будем более точно определять технологические размеры (после размерного анализа технологического процесса).

#### **4. Размерный анализ разрабатываемого технологического процесса изготовления детали**

Целью размерного анализа является оценка качества технологических процессов. Мы проверяем и при необходимости корректируем отклонения размеров, сравнивая конечные технологические размеры с проектными размерами, приведенными на исполнительном (рабочем) чертеже.

Исходными данными для анализа размера являются:

1. Чертеж детали.
2. Чертеж начальной заготовки.
3. Технологический процесс обработки детали.

Мы рисуем общую схему обработки детали и подбираем схемы размеров, в которые включаются проектные размеры. Связующими звеньями (детальями) в схемах технологических размеров являются технологические размеры, которые указываются в технологической документации (размеры исходной заготовки и все размеры, полученные при механической обработке).

Окончательные технологические размеры должны совпадать с размерами, указанными на чертеже, т.е. с проектными размерами. Если такое совпадение отсутствует, т.е. технологический размер не совпадает с проектным размером (проектный размер не сохраняется напрямую), то для получения проектного размера необходимо выявить (определить) такую размерную схему, в которой для получения проектного размера сохраняются рассматриваемый проектный размер и технологические размеры. Такой расчетный размер является замыкающим звеном, а поскольку его необходимо выполнить с заданным базовым (номинальным) размером и отклонениями, то его называют исходным. Закрывающими звеньями в контурах технологических величин могут быть конструктивные и технологические размеры, а также припуски для обработки.

Мы последовательно рассматриваем размерные схемы с одним неизвестным технологическим размером и учитываем базовую величину и отклонения этой связи. Если имеется несколько неизвестных технологических

величин, вычисляем допуски неизвестных величин (обычно методом одинаковой точности), а затем номинируем значения и отклонения всех неизвестных технологических величин, кроме одной, в отношении которой будет принято решение.

Мы рисуем общую схему обработки детали (рис. 4.1). Затем проверяем совпадение конечных технологических размеров с размерами, указанными на чертеже.

1.  $A_{1.2.2} = K_1 = 220h14_{(-0,062)}$ , т.е. расчетный размер  $K_1$  обрабатывается непосредственно (вводится) в седьмой операции и во второй технологический переход по технологическому размеру  $A_{1.2.2}$ ;

2.  $K_2, K_3, K_4, K_5, K_6$  не обрабатываются непосредственно, поэтому для получения проектных размеров необходимо выявить (определить) такую схему размеров, в которой поддерживаются рассматриваемые проектные размеры ( $K_2, K_3, K_4, K_5$  и  $K_6$ ) и технологические размеры. Эти проектные размеры ( $K_2, K_3, K_4, K_5$  и  $K_6$ ) являются замыкающими звеньями, а поскольку их необходимо выполнять с заданными базовыми размерами и отклонениями, то их называют исходные.

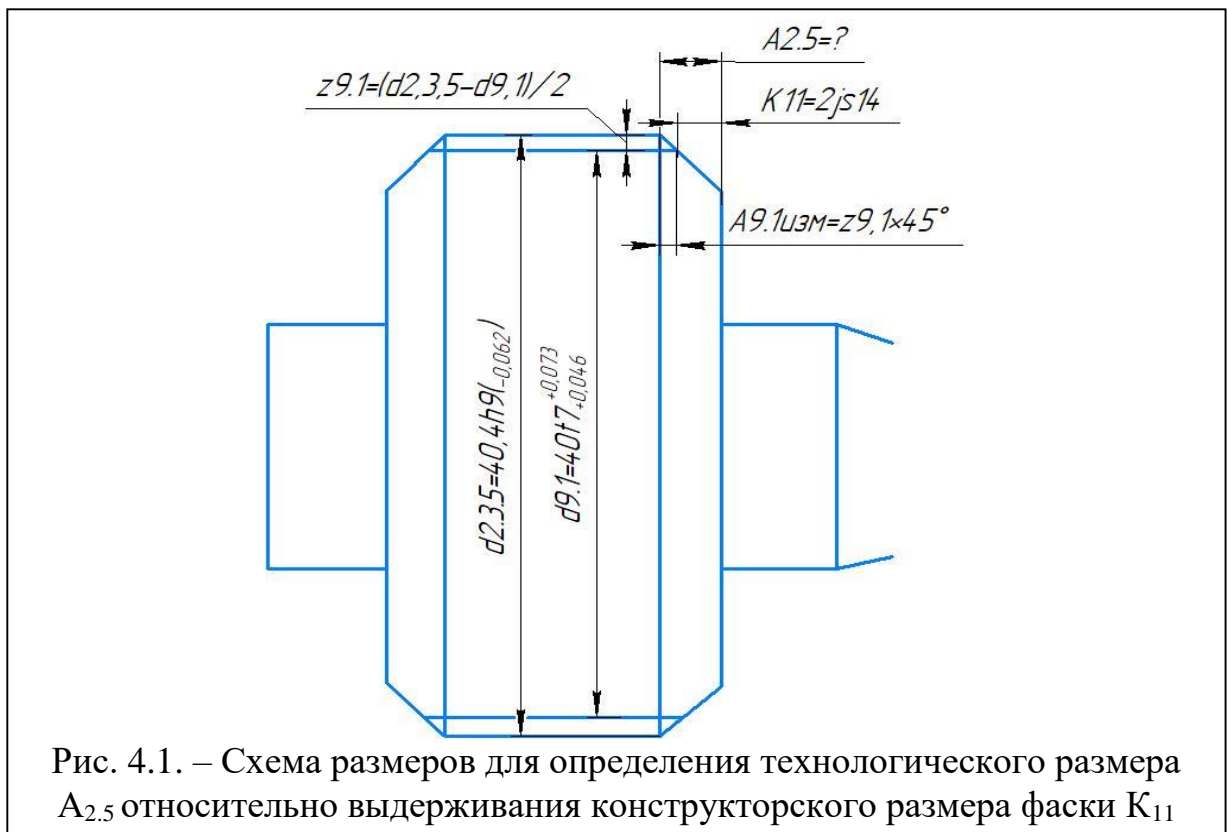


Рис. 4.1. – Схема размеров для определения технологического размера  $A_{2.5}$  относительно выдерживания конструкторского размера фаски  $K_{11}$

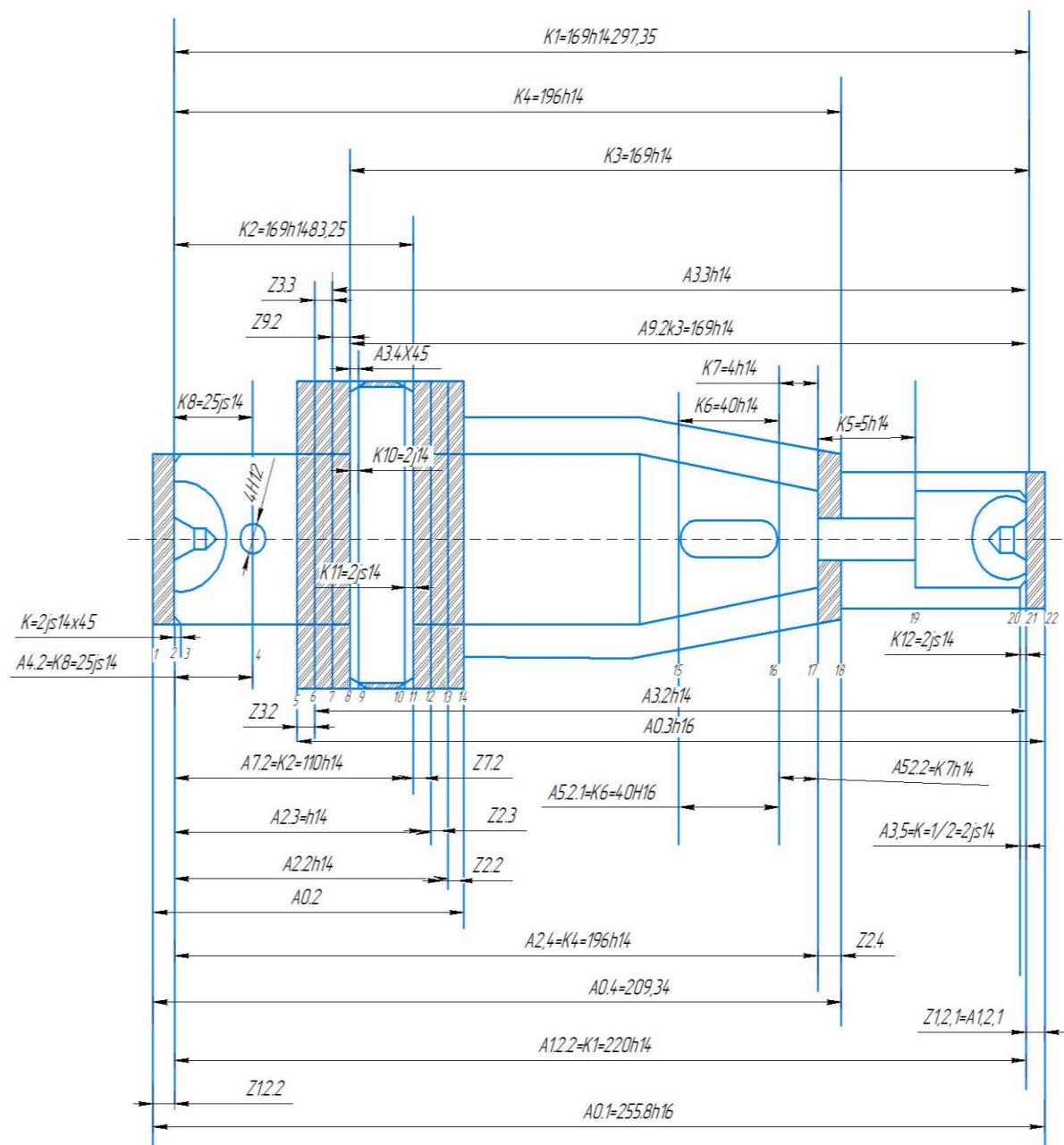


Рис. 4.2. Комплексная схема обработки валов в осевом направлении

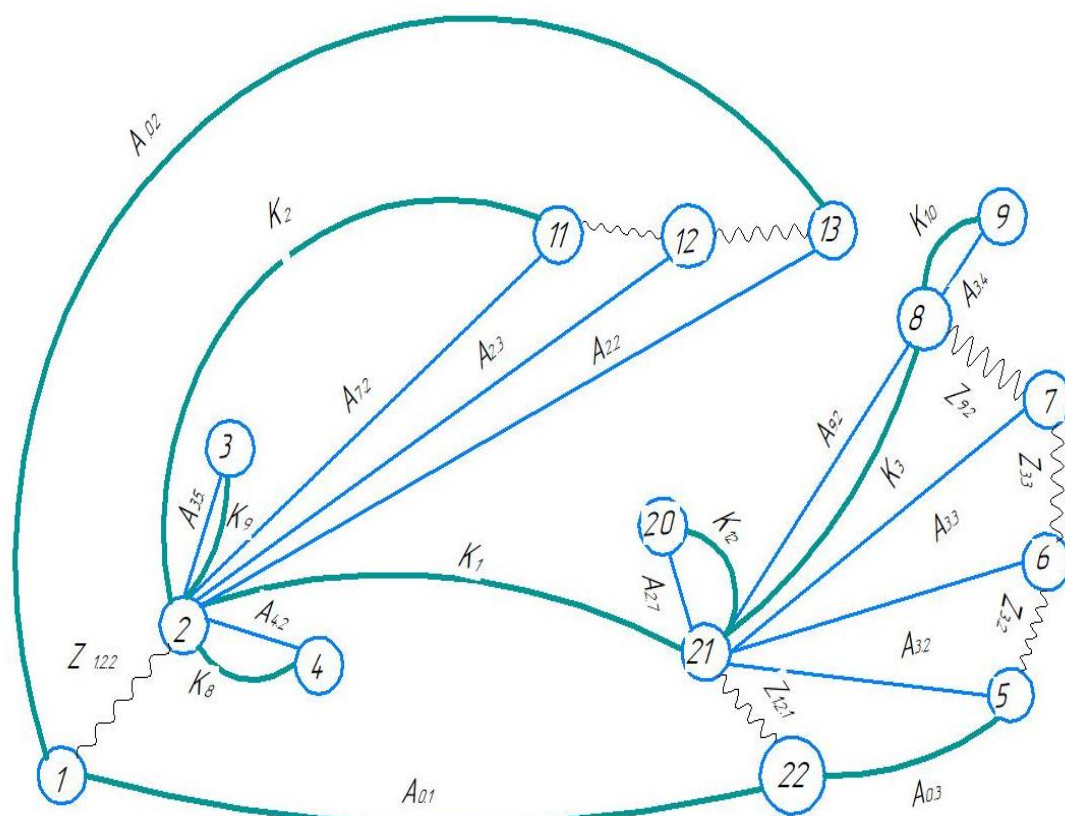


Рис. 4.3. Граф технологических размеров

Нарисуем размерные схемы обработки желаемого конструктивного размера (например, рис. 4.1).

Затем проверяем возможность решения, т.е. необходимо, чтобы

$$\sum TA_i \leq TA_\Delta \quad (4.1)$$

Если неравенство не выполняется, необходимо уменьшить допуски на размеры (или допустительно на один размер) составляющих звеньев. Если наша размерная схема удовлетворяет уравнению (4.1), то мы можем найти искомый технологический размер (номинал и отклонения).



### Получение размера фаски $K_{11} = 2js14 (\pm 0,125) \times 45^\circ$

Для получения при обработке размера правой фаски  $K_{11} = 2js14 (\pm 0,125) \times 45^\circ$  на поверхности  $d_{9,1} = K_{d1} = \varnothing 40t7$  на общей (комплексной) схеме обработки (рис. 4.2) выделяем размеры, которые входят в размерную цепь с конструкторским размером  $K_{11}$  и минимальным количеством технологических размеров (рис. 4.1), так как  $K_{11}$  не выдерживается напрямую. При этом считаем, что в девятой операции идёт только подшлифовка торца, поэтому осевой размер центральной части вала (с  $\varnothing d_{9,1} = K_{d1} = \varnothing 40t7$ ) от этого не изменяется.

Определяем характер всех составляющих звеньев (увеличивающие и уменьшающие звенья) относительно исходного звена (в нашем случае  $K_{11}$ ).  $A_{2,5}$  – увеличивающее звено;  $A_{9,1 \text{ изм}}$  – уменьшающее звено. Записываем основное уравнение этой размерной цепи:

$$K_{11} = A_{2,5} - A_{9,1 \text{ изм}},$$

где  $A_{2,5}$  – длина фаски, обтачиваемой в переходе №5 на второй операции, которое выполняется после обточки полуступицы цилиндрической поверхности  $\varnothing d_{2,3,5} = \varnothing 40,4h9$ ;

$A_{9,1 \text{ изм}}$  – изменение фаски после шлифования поверхности  $\varnothing d_{9,1} = K_{d1} = \varnothing 40t7$ .

Т.к. угол у фаски  $45^\circ$ , то изменение этой фаски равно удаляемому припуску на сторону при шлифовании поверхности  $d_{9,1}$ . Т.е.  $A_{9,1 \text{ изм}} = Z_{9,1}$ .

Рассчитываем этот припуск на сторону:

$$Z_{9,1} = (d_{2,3,5} - d_{9,1})/2 = (40,4h9 - 40t7)/2 = (40,4_{-0,062} - 40^{+0,073}_{+0,048})/2 = 0,2^{+0,073}_{+0,048}$$

Номинал удаляемого припуска  $Z_{9,1}$ :  $Z_{9,1} = (40,4 - 40)/2 = 0,2 \text{ мм}$ ;

Верхнее отклонение:  $B_{Z_{9,1}} = (B_{d_{2,3,5}} - H_{d_{9,1}})/2 = [0 - (+0,048)]/2 = -0,048/2 = -0,024 \text{ мм}$ ;

Нижнее отклонение:  $H_{Z_{9,1}} = (H_{d_{2,3,5}} - B_{d_{9,1}})/2 = [-0,062 - (+0,073)]/2 = -0,135/2 = -0,0675 \text{ мм}$ ;

Допуск (правильнее, наибольшее изменение удаляемого припуска)  $Z_{9,1}$ :

$$T_{Z_{9,1}}: B_{Z_{9,1}} - H_{Z_{9,1}} = (-0,024) - (-0,0675) = +0,0435 \text{ мм}.$$

Если бы был знак минус, то это бы означало неправильное выполнение арифметических действий или неправильный выбор размеров, входящих в размерную цепь (это первый этап проверки).

$$\text{Выполняем проверку: } T_{Z9.1} = (T_{d_{2.3.5}} + T_{d_{9.1}}) / 2 = (0,062 + 0,025) / 2 = 0,087 / 2 = 0,0435 \text{ мм.}$$

$$\text{Т.к. } T_{Z9.1} = (T_{d_{2.3.5}} + T_{d_{9.1}}) / 2 = 0,0435 \text{ мм, то расчёты выполнены верно.}$$

$$A_{9.1 \text{ изм}} = Z_{9.1} = 0,2^{+0,024}_{-0,0675} \text{ мм. } TA_{9.1 \text{ изм}} = T_{Z9.1} = 0,0435 \text{ мм.}$$

Проверяем возможность решения размерной цепи на рисунке 4.3:

$TK_{11}$  должно быть больше суммы допусков всех составляющих звеньев  $A_{2.5}$  и  $A_{9.1 \text{ изм}}$ .

$$\sum TA_i = TA_{2.5} + TA_{9.1 \text{ изм}} = TA_{2.5} + 0,0435;$$

$$TA_{2.5} + 0,0435 \leq TK_{11} = 0,25 \text{ мм.}$$

Рассчитываем наибольший допустимый допуск искомого размера  $A_{2.5}$ :

$$TA_{2.5} \leq TK_{11} - 0,0435 = 0,25 - 0,0435 = 0,2065 \text{ мм.}$$

Этот допуск для номинала 2 мм (от 1 до 3 мм) соответствует 13 качеству ( $IT_{13} = 0,14 \text{ мм}$ ,  $IT_{14} = 0,25 \text{ мм}$ ), т.е. задача решается. Если бы допуск на искомый размер соответствовал 10 качеству, то потребовалось бы либо уменьшить допуски на остальные составляющие звенья, либо просить конструктора увеличить допуск на конструкторский размер (например, допустить возможность выдерживать длину фаски по 15 или 16 качеству). В последнем случае конструктор на чертеже детали должен сделать соответствующую запись и расписаться.

Если ни первый, ни последний варианты не годятся, то необходимо изменять технологический процесс.

Выполняется расчёт номинальной величины длины фаски  $A_{2.5}$ :

$$K_{11} = A_{2.5} - A_{9.1 \text{ изм}};$$

$$(K_{11} = 2js14 (\pm 0,125); A_{9.1 \text{ изм}} = 0,2^{+0,024}_{-0,0675} \text{ мм; } TA_{9.1 \text{ изм}} = 0,0435 \text{ мм.})$$

$$2 = A_{2.5} - 0,2; \text{ отсюда } A_{2.5} = 2 + 0,2 = 2,2 \text{ мм;}$$

Рассчитываем требуемое верхнее отклонение звена  $A_{2.5}$ :

$$VK_{11} = VA_{2.5} - HA_{9.1 \text{ изм}};$$

$$+0,125 = BA_{2,5} - (-0,0675);$$

$$\text{отсюда } BA_{2,5} = +0,125 - 0,0675 = +0,0575 \text{ мм};$$

Рассчитываем требуемое нижнее отклонение звена  $A_{2,5}$ :

$$HK_{11} = HA_{2,5} - BA_{9,1 \text{ изм}};$$

$$-0,125 = HA_{2,5} - (-0,024) ;$$

$$\text{отсюда } HA_{2,5} = -0,125 - 0,024 = -0,149 \text{ мм};$$

Рассчитываем допуск фаски  $A_{2,5}$ :

$$TA_{2,5} = BA_{2,5} - HA_{2,5} = +0,0575 - (-0,149) = 0,2065 \text{ мм}.$$

$$\text{Выполняем проверку: } TA_{2,5} + TA_{9,1 \text{ изм}} = 0,2065 + 0,0435 = 0,25 \text{ мм}.$$

$$\sum TA_i = TK_{11} = 0,25 \text{ мм} - \text{задача решена верно}.$$

$$\text{Принимаем } A_{2,5\text{пр}} = 2,2^{+0,0575}_{-0,149} \approx 2,2^{+0,05}_{-0,15} \text{ мм};$$

У принятого размера допуск  $TA_{2,5\text{пр}} = +0,05 - (-0,15) = 0,2 \text{ мм}$ , что соответствует допуску по 13 квалитету, поэтому проблем с выдерживанием этого размера не будет.

Конструкторские осевые и диаметральные размеры и их допуски:

$$K_1 = 220h14 \text{ мм}; TK_1 = 0,062 \text{ мм};$$

$$K_2 = 110h14 \text{ мм}; TK_2 = 0,87 \text{ мм};$$

$$K_3 = 169h14 \text{ мм}; TK_3 = 1 \text{ мм};$$

$$K_4 = 196h14 \text{ мм}; TK_4 = 1,15 \text{ мм};$$

$$K_5 = 5h14 \text{ мм}; TK_5 = 0,3 \text{ мм};$$

$$K_6 = 40h14 \text{ мм}; TK_6 = 0,62 \text{ мм};$$

$$K_7 = 4h14 \text{ мм}; TK_7 = 0,3 \text{ мм};$$

$$K_8 = 25js14 \text{ мм}; TK_8 = 0,52 \text{ мм};$$

$$K_9 = \varnothing 30g6^{+0,007}_{-0,020} \text{ мм}; TK_9 = 0,013 \text{ мм};$$

$$K_{10} = K_{\phi 1} = 2js14 \text{ мм}; TK_{10} = 0,25 \text{ мм};$$

$$K_{11} = K_{\phi 2} = 2js14 \text{ мм}; TK_{11} = 0,25 \text{ мм};$$

$$K_{12} = K_{\phi 3} = 2js14 \text{ мм}; TK_{12} = 0,25 \text{ мм};$$

$$K_{13} = \varnothing 40t7^{+0,073}_{+0,046} \text{ мм}; TK_{13} = 0,027 \text{ мм};$$

## 4.1. Выбор оборудования

Таблица 4.1. – Фрезерно-центровальный-обточной станок 2Г942

Класс точности станка	Н
Пределы длины обрабатываемых деталей, мм:	100..1000
Пределы диаметров устанавливаемых в тисках деталей, мм:	20..160
Наибольшее усилие зажима детали, Н	25500
Стандартные центровочные сверла типа А и R, мм	3,15..10,12
Стандартные центровочные сверла типа В, мм	2..8
Специальные центровочные сверла, мм	до 12
Наибольший диаметр сверления, мм	16
Наибольший диаметр фрезерования, мм	150
Наибольший диаметр устанавливаемой фрезы, мм	160
Наибольший диаметр подрезаемого торца (по стали 45, НВ 207), мм	50
Наибольший диаметр подрезаемой кольцевой поверхности (по стали 45, НВ 207), мм	100/ 80
Наибольший диаметр обточки шеек, мм	100
Наибольший диаметр растачиваемых отверстий, мм	100
Длина обточек шеек, мм	40
Количество шпинделей	4
Количество скоростей сверлильного шпинделя: об/мин	8
Количество скоростей фрезерного шпинделя: об/мин	6
Пределы частот вращения сверлильного шпинделя: об/мин	290..2300
Пределы частот вращения фрезерного шпинделя: об/мин	125..712
Ход пиноли сверлильного шпинделя, мм	100
Питающая электросеть, В	380±38
Габариты станка (длина ширина высота), мм	3970...5470 x 1750 x 2000
Масса станка, кг	6500



Рис. 4.4 – Фрезерно-центровальный-обточной станок 2Г942

Таблица 4.2. – Токарно-винторезный станок 16K20

Наибольший диаметр обрабатываемой заготовки над станиной	400 мм
Наибольший диаметр обрабатываемый заготовки над суппортом	220 мм
Наибольший диаметр прутка, проходящего через отверстие шпинделя	53мм
Наибольшая длина обрабатываемой заготовки	740;1000;1400;2000м
Частота вращения шпинделя	12,5-6000 об/мин
Число скоростей шпинделя	22
Наибольшее перемещение суппорта: Продольное Поперечное	1935 мм 300 мм
Мощность привода главного движения , кВт	11кВт
Скорость быстрого перемещения суппорта : Продольное Поперечное	3800 мм/мин 1900 мм/мин
Число ступеней подач	24
Подач суппорта продольных	0,05-2,8 мм/об
Подач суппорта поперечных	0,025-1,4 мм/об
Масса станка	3685 кг
Габариты станка	3795×1190×1500 мм



Рис. 4.5 – Токарно-винторезный станок 16K20

Таблица 4.3. – Токарно-винторезный станок с ЧПУ 16K20Ф3

Наибольший диаметр обрабатываемой заготовки над станиной	400 мм
Наибольший диаметр обрабатываемый заготовки над суппортом	220 мм
Наибольший диаметр прутка, проходящего через отверстие шпинделя	53мм
Наибольшая длина обрабатываемой заготовки	740;1000;1400;2000м
Частота вращения шпинделя	2,5-200 об/мин
Число скоростей шпинделя	22
Наибольшее перемещение суппорта: Продольное Поперечное	900 мм 250 мм
Мощность привода главного движения , кВт	10 кВт
Скорость быстрого перемещения суппорта : Продольное Поперечное	4800 мм/мин 2400 мм/мин
Число ступеней подач	-
Подач суппорта продольных	3-2000 мм/об
Подач суппорта поперечных	1,5-600 мм/об
Масса станка	3360 кг
Габариты станка	1710×1750×4000 мм



Рис. 4.6 – Токарно-винторезный станок 16K20Ф3

Таблица 4.4. – Вертикально-сверлильный станок 2Н125

Наибольший диаметр сверления в стали 45, мм	25
Наименьшее и наибольшее расстояние от торца шпинделя до стола, мм	60...700
Наименьшее и наибольшее расстояние от торца шпинделя до плиты, мм	690...1060
Расстояние от оси вертикального шпинделя до направляющих стойки (вылет), мм	250
Размеры рабочей поверхности стола, мм	400 х 450
Число Т-образных пазов Размеры Т-образных пазов	3
Наибольшее вертикальное перемещение стола (ось Z), мм	270
Наибольшее перемещение (установочное) шпиндельной головки, мм	170
Наибольшее перемещение (ход) шпинделя, мм	200
Перемещение шпинделя на одно деление лимба, мм	1,0
Перемещение шпинделя на один оборот маховичка-рукоятки, мм	122,46
Частота вращения шпинделя, об/мин	45...2000
Количество скоростей шпинделя	12
Наибольший допустимый крутящий момент, Нм	250
Конус шпинделя	Морзе 3
Число ступеней рабочих подач	9
Пределы вертикальных рабочих подач на один оборот шпинделя, мм	0,1...1,6
Управление циклами работы	Ручное
Наибольшая допустимая сила подачи, кН	9
Динамическое торможение шпинделя	Есть
Электродвигатель привода главного движения, кВт	2,2
Электронасос охлаждающей жидкости Тип	X14-22М
Габариты станка, мм	2350 х 785 х 915
Масса станка, кг	880





Таблица 4.5. – Универсально-фрезерный станок ФУ251

Рабочая поверхность стола, мм	250x1120
Число пазов в столе, шт	3
» Рабочий ход стола по осям, мм	
X	785
Y	250
Z	410
» Подача по осям, мм/мин	
X	12,5-630
Y	16-800
Расстояние от шпинделя до стола, мм	440
Частота вращения шпинделя, об/мин	31,5-1600
Мощность главного двигателя, кВт	4
Габаритные размеры, мм	8630x1710x1490



Рис. 4.8 - Универсально-фрезерный станок ФУ251



Таблица 4.6. – Кругошлифовальный станок 3А151

Класс точности по ГОСТ 8-82	П
Наибольший диаметр обрабатываемого изделия, мм	200
Наибольшая длина обрабатываемого изделия, мм	700
Наибольший диаметр шлифования в люнете, мм	60
Наибольший диаметр шлифования без люнета, мм	180
Наибольшая длина шлифования, мм	630
Расстояние от оси шпинделя передней бабки до зеркала стола (высота центров), мм	110
Наибольшая масса обрабатываемого изделия, кг	30
Наибольшая длина перемещения стола, мм	650
Ручное ускоренное перемещения стола за один оборот маховика, мм	22,6
Ручное замедленное перемещения стола за один оборот маховика, мм	5,3
Наименьший ход стола от гидросистемы при переключении упорами, мм	8
Скорость перемещения стола от гидросистемы (бесступенчатое регулирование), м/мин	100..6000
Наибольший угол поворота верхнего стола по часовой стрелке, град	3°
Наибольший угол поворота верхнего стола против часовой стрелки, град	10°
Цена деления шкалы поворота верхнего стола, град	0°20'
Конусность, мм/м	10
Диаметр шлифовального круга, мм	600..450
Наибольшая ширина (высота) шлифовального круга, мм	63
Частота вращения шпинделя шлифовальной бабки, об/мин	1112, 1272
Частота вращения изделия (бесступенчатое регулирование), об/мин	63..400
Количество электродвигателей на станке	7
Габаритные размеры станка (длина x ширина x высота), мм	3100 x 2100 x 1500
Масса станка с электрооборудованием и охлаждением, кг	4200



Рис. 4.9 - Кругошлифовальный станок 3А151

## 5. Расчет и назначение режимов обработки

Элементы режимов резания номинируются с учетом характера обработки, типа и размеров режущего инструмента, материала его режущей части, материала и состояния поверхности заготовки, типа и состояния оборудования.

### Расчет скорости резания для токарной обработки поверхности Ø30,9h11

Рассчитаем режимы резания при точении (обточке) наружной поверхности вала Ø30,9h11 во второй операции. Размер обрабатываемой поверхности  $d_i = \text{Ø}30,9\text{h}11_{(-0,16)}$ .

Размер обрабатываемой поверхности  $d_{i-1} = \text{Ø}34\text{h}16$  (диаметр штампованной заготовки). Ранее мы рассчитывали наибольшую глубину резания  $t_{\max}$ , если за один проход (после 1 хода) снимаем весь припуск при черновой обработке:

$$t_{\max} = (d_{(i-1)\max} - d_{i\min})/2 = (34 - 30,74)/2 = 1,63 \text{ мм.}$$

Наибольшая глубина резания составляет менее 4 мм [1, стр. 265], и за один проход можно снять весь припуск. Мы принимаем наибольшую глубину резания  $t_{\max} = 1,63 \text{ мм}$ . Остальные элементы режима резания обычно устанавливаются и рассчитываются в порядке, указанном ниже.

Скорость подачи  $S$  назначается по справочнику [1, с. 266, табл. 11, с. 268, табл. 13 и 14]. При черновой обработке, выбирая скорость подачи, необходимо проверить прочность державки и твердосплавной режущей пластины, жесткость обрабатываемой детали и долговечность механизма подачи станка. Скорость подачи  $S$  обычно ограничивается радиусом при вершине  $R$  и шероховатостью обрабатываемой поверхности  $R_a$  [1, с. 268, табл. 14].

Мы выбираем резец в соответствии с рекомендациями. Резец - проходной прямой с режущей пластиной из твердого сплава T15K6: 2100-01 17-T15K6.

Размеры хвостовика резца 16×25 мм, диаметр детали 30,9 мм,  $S_a = 0,4-0,5 \text{ мм/об}$  [1, с. 266, табл. 11].

По прочности СМП толщиной 4 мм, предельное растягивающее напряжение  $\sigma_b$  обрабатываемого материала детали 40Х составляет 650 МПа скорость подачи  $S_b$  рассчитана как:  $S_b = 1,3 \times 0,85 \times 1 = 1,105$  мм/об [1, с. 266, табл. 11].

По жёсткости заготовки может быть использован большая скорость подачи при сравнительно небольшой глубине реза  $t = 1,63$  мм. Поэтому окончательно выбираем скорость подачи исходя из требуемой шероховатости поверхности для черновой обработки ( $Ra \leq 10$  мкм) и радиуса  $R = 2,5$  мм (при черновой обработке радиус может быть взят большим, так как высокая точность не требуется, и упругая деформация системы СПИД при большей силе  $P_y$  не играет основной роли как при финишной обработке). Предельное растягивающее напряжение  $\sigma_b$  обрабатываемого материала детали 40Х составляет 650 МПа, скорость подачи рассчитывается следующим образом:  $S_c = 0,8 \times 1,25 = 1,0$  мм/об [1, с. 268, табл. 14].

Мы определяем подачу  $S$  как минимальную от  $S_a$ ,  $S_b$  и  $S_c$ :  $S_a = 0,4-0,5$  мм/об  $\approx S_a = 0,43$  мм/об - принимается подача.

Скорость резания  $V$ , м/мин можно определить несколькими методами:

- расчёт по формуле;
- использование табличных данных с использованием поправочных коэффициентов;
- на основе эмпирических данных (используемых на предприятии для соответствующих обрабатываемых и режущих материалов, геометрии инструмента и т.д.).

Воспользуемся вычислением по формуле. Для наружного продольного и поперечного точения и расточки по формуле рассчитывается скорость резки  $V$ , м/мин:

$$V = \frac{C_V}{(T^m \cdot t^x \cdot s^y)} \cdot K_V \quad (5.1)$$

где:  $T$  - стойкость режущего инструмента (период работы режущего инструмента до допустимого износа). При черновой обработке в производстве

обычно  $T=60$  мин.

Значение коэффициента  $C_v$  и параметры степени приведены в таблице 17 [1, стр. 269, таблица 17]. Принимаем, что глубина резания будет равна наибольшей глубине резания:  $t = t_{\max} = 1,63$  мм. Коэффициенты и показатели степеней определяются из таблицы 17 [1]:

$$C_v=350; x=0,15; y=0,35; m=0,20.$$

$K_v$  - поправочный коэффициент, учитывающий геометрию режущего инструмента.

$$K_v = K_{Mv} \times K_{nv} \times K_{pv} \times K_{\varphi v} \times K_{\varphi 1v} \times K_{Rv} \times K_{Qv} \times K_{Ov}, \quad (5.2)$$

где  $K_{Mv} = K_g \times (750/\sigma_{uts})^{nv}$  - является коэффициентом, учитывающим влияние прочности обрабатываемого материала на скорость резания [1, стр. 261, таблица 1]. Для стали 40X после штамповки прочность на растяжение  $\sigma_s=1000$  МПа, для твердого сплава  $K_g = 0,95$ ,  $n_v=1$  [1, с. 262, табл. 2], следовательно:

$$K_{Mv} = K_g \times (750/\sigma_s)^{nv} = 0,95 \times (750/1000)^1 = 0,71;$$

$K_{nv}$  - коэффициент, учитывающий материал режущей части. Для режущей пластины из твердого сплава T15K6  $K_{nv}=1$  [1, стр. 263, таблица 6];

$K_{pv} = 0,9$  - коэффициент, учитывающий состояние поверхности заготовки (горячекатаной прутки) [1, с. 263, таблица 5];

$K_{\varphi v} = 0,7$  - коэффициент с учетом геометрических параметров резца (главный угол в плане  $\varphi=90^\circ$ ) [1, стр. 271, таблица 18];

$K_{\varphi 1v} = 1$  - коэффициент с учетом геометрических параметров резца (вспомогательный угол в плане  $\varphi_1=10^\circ$ );

$K_{Rv} = 1$  - коэффициент с учетом геометрических параметров резца (радиус  $R=2$  мм резца), для твердого сплава  $K_{Rv} = 1$ ;

$$K_v = 0,71 \times 1 \times 0,9 \times 0,7 \times 1 \times 1 = 0,447 \approx 0,45.$$

$$V = \frac{C_V}{(T^m \cdot t^x \cdot s^y)} \cdot K_V = \frac{350}{(60^{0.2} \cdot 1,63^{0.15} \cdot 0,43^{0.35})} \cdot 0,45 = 128 \text{ м/мин.}$$

Рассчитываем количество оборотов шпинделя в 1 минуту (частота вращения шпинделя)  $n_{\text{расч}}$ :

$$n_{\text{расч}} = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot d_{\text{max}}} = \frac{1000 \cdot 128}{\pi \cdot 30,9} = 1319 \text{ об/мин,}$$

где:  $d_{\text{max}}$  - диаметр обработанной поверхности, мм.

В техническом паспорте станка мы находим ближайшее меньшее число оборотов шпинделя (меньшее - поскольку даже при незначительном увеличении скорости резания может произойти существенное снижение стойкость режущего инструмента  $T$ ):  $n_{\text{пасп}} = 1250 \text{ об/мин}$ . Вычисляем реальную (заданную или скорректированную) скорость резания при принятом числе оборотов шпинделя:

$$V = \frac{\pi \cdot d \cdot n_{\text{пасп}}}{1000}, \text{ м/мин} \quad (5.3)$$

В нашем случае реальная скорость резки  $V_d$ :

$$V_d = \frac{\pi \cdot 30,9 \cdot 1250}{1000} = 121 \text{ м/мин.}$$

Мы принимаем  $n_{\text{пр}} = 1250 \text{ об/мин}$ .

Для облегчения расчетов принято разделить усилие резания  $P$  на составляющие силы, которые направлены по осям координат станка ( $P_z$ ,  $P_y$ ,  $P_x$ ).

Для продольного наружного точения [1, с. 271]:

$$P_{z, y, x} = C_P \times t^x \times s^y \times V^n \times K_P, [\text{N}], \quad (5.4)$$

где  $C_P$  - коэффициент в зависимости от обрабатываемого и режущего материала;  $K_P$  - поправочный коэффициент.

$$K_P = K_{Mp} \times K_{\varphi p} \times K_{\gamma p} \times K_{\lambda p} \times K_{Rp}, \quad (5.5)$$

где  $K_{Mp}$  - фактор, учитывающий влияние качества обрабатываемого материала (долговечности) на силу резания. Для стали 40Х прочность на растяжение после штамповки составляет  $\sigma_B = 1000 \text{ МПа}$ , поэтому

$$K_{Mp} = (\sigma_b/750)^{np} = (1000/750)^{0,75} = 1,24 \text{ [1, стр. 264, таблица 9];}$$

$K_{\varphi p}$  - фактор, учитывающий влияние главного угла в плане  $\varphi$  на силу резания,  $K_{\varphi p} = 0,89$  [1, стр. 275, таблица 23];

$K_{\gamma p}$ -фактор, учитывающий влияние главного прямого угла в плоскости главного поперечного сечения  $\gamma$  (переднего угла) на силу резания,  $\gamma = 7^\circ$ ,  $K_{\gamma p} = 1,0$  [1, стр. 275, таблица 23];

$K_{\lambda p}$  - коэффициент, учитывающий влияние угла наклона основной режущей кромки  $\lambda$  на силу резания,  $\lambda = 0^\circ$ ;  $K_{\lambda p} = 1$ ;

$K_{Rp}$  - коэффициент, учитывающий влияние радиуса носа фрезы  $R$  на силу резания,  $R = 2$  мм,  $K_{Rp} = 1$ ;

Для рассмотренного сквозного поворота внешней поверхности  $\varnothing 30,9h11$  во второй операции мы принимаем, что глубина реза  $t$  будет равна наибольшей глубине реза  $t_{\max}$ :  $t = t_{\max} = 1,63$  мм. Факторы и параметры градусов найдены в табл. 22 [1, стр. 273, таблица 22] пишем в табл. 5.1.

Таблица 5.1. Расчет усилий резания при черновой токарной обработке  $\varnothing 30,9h11$

Компоненты	$C_P$	$x$	$y$	$n$	$K_{Mp}$	$K_{\varphi p}$	$K_{\gamma p}$	$K_{\lambda p}$	$K_{Rp}$	$K_P$	$P_{z,y,x}, \text{ Н}$
$P_z$	300	1	0.75	-0.15	1.24	0.89	1	1	1	1.1	1425.4

$$P_z = 10 \times 300 \times 1,631 \times 0,43^{0,75} \times 121^{-0,15} \times 1,1 = 1425,4 \text{ Н;}$$

Мощность резания рассчитывается по формуле:

$$N = \frac{P_z \cdot V}{1020 \cdot 60}, \text{ [кВт]} \quad (5.6)$$

где  $P_z$  - тангенциальная составляющая силы резания (совпадающая по направлению с вектором скорости резания), Н;  $V$  - скорость резания, м/мин.

В нашем случае при черновом точении наружной поверхности  $\varnothing 30,9h11$ :

$$N_{рез} = \frac{1425,4 \cdot 121}{1020 \cdot 60} = 2,98 \text{ кВт.}$$

Рассчитывается мощность станка (оборудования):

$$N_{ст} = k \times N_{рез} = (1,5 - 2,5) \times 2,98 = 2 \times 2,98 = 5,96 \text{ кВт.}$$

## Расчет режимов резания, сил и мощность при сверлении Ø4H12

Режущий инструмент подбираем по рекомендациям: сверло диаметром 4 мм ГОСТ 10902-64; материал режущей части - быстрорежущая сталь Р6М5, угол  $2\phi = 118^\circ$ .

Глубина резания при сверлении  $t = 0,5 \cdot D = 0,5 \cdot 4 = 2$  мм.

## Расчет режимов резания и сил при сверлении Ø4H12 по методу расчета

Максимальная подача осуществляется в соответствии с жесткостью сверла (диаметр сверла Ø4 мм), материала режущего инструмента (HSS, или Р6М5), обрабатываемого материала (сталь 40Х) с твердостью НВ 200-220, шероховатостью поверхности ( $Ra < 10$  мкм) и рекомендациями, которые приведены в табл. 27 [1, стр. 277, таблица 25]:  $S = 0,06-0,07$  мм/об.

Скорость резания при сверлении рассчитывается по формуле:

$$V = \frac{C_v \cdot D^q}{(T^m \cdot s^y)} \cdot K_v \quad (5.7)$$

где: Т - стойкость режущего инструмента (при сверлении Т=45 минут [1, стр. 415]).

Для рассверливания:

$$V = \frac{C_v \cdot D^q}{(T^m \cdot t^x \cdot s^y)} \cdot K_v \quad (5.8)$$

Стойкость Т сверла Ø4 мм составляет 15 мин [1, стр. 279, таблица 30].

Значения коэффициента  $C_v$  и показателей степени для сверления сверлом из Р6М5 в обрабатываемой конструкционной стали (сталь 40Х) приведены в табл. 8 [1, стр. 278, таблица 28]:  $C_v=7,0$ ;  $q_v=0,4$ ;  $y=0,7$ ;  $t=0,20$ .

$K_v$  - поправочный коэффициент:

$$K_v = K_{Mv} \times K_{Iv} \times K_{Lv}, \quad (5.9)$$

где  $K_{Mv} = K_g \times (750/\sigma_B)^{nv}$  - является коэффициентом, который учитывается при оценке влияния качества обрабатываемого материала (прочности) на скорость резания [1, стр. 261, таблица 1]. Для стали 40Х прочность на растяжение  $\sigma_{B=1000}$  МПа, следовательно, для быстрорежущей стали  $K_g = 0,85$ ,  $n_v = 0,9$  [1, с. 262,

табл. 2]:

$$K_{Mv} = K_g \times (750/\sigma_B)^{n_v} = 0,85 \times (750/1000)^{0,9} = 0,65;$$

$K_{Iv}$  - фактор, учитывающий материал инструмента. Для сверла из Р6М5  $K_{Iv} = 0,3$  [1, с. 436];

$K_{lv} = 0,4$  - коэффициент, учитывающий глубину просверленного отверстия ( $L < 8D$ ) ( $L = 30$ ,  $D = 4$  мм,  $L/D = 30/4 = 8$ ) [1, стр. 280, таблица 31].

$$K_v = 0,65 \times 0,4 \times 1 = 0,26.$$

$$V = \frac{C_v \cdot D^q}{(T^m \cdot S^y)} \cdot K_v = \frac{7 \cdot 4^{0,4}}{(15^{0,2} \cdot 0,06^{0,5})} \cdot 0,26 = 12,2 \text{ м/мин.}$$

Крутящий момент при сверлении рассчитывается по формуле [1, р.277]:

$$M_c = 10 \cdot C_M \cdot D^q \cdot S^y \cdot K_p, [\text{Н} \cdot \text{м}] \quad (5.10)$$

где:  $C_M = 0,0345$  - коэффициент, учитывающий обрабатываемость материала (в нашем случае это незакаленная сталь 40Х) [1, р.281, табл. 32];  $q = 2$ ;  $y = 0,8$ ;  $K_p = K_m = (\sigma_B/750)^n$ . [1, с.264, таблица 9];

$$K_p = (\sigma_B/750)^n = (1000/750)^{0,75} = 1,23$$

$$M = 10 \cdot 0,0345 \cdot 4^2 \cdot 0,06^{0,8} \cdot 1,23 = 0,71 \text{ Н} \cdot \text{м.}$$

Осевое усилие при сверлении рассчитывается по формуле [1, р.277]:

$$P_{ax} = 10 \cdot C_P \cdot D^q \cdot S^y \cdot K_p, [\text{Н}] \quad (5.11)$$

где:  $C_P = 68$  - коэффициент, учитывающий долговечность обрабатываемого материала (в нашем случае – незакалённая сталь 40Х) [1, с.281, табл. 32];

$q_p = 1$ ;  $y_p = 0,7$ ;  $K_p = K_m = (\sigma_B/750)^n$ . [1, р.264, таблица 9];

$$K_p = (\sigma_B/750)^n = (1000/750)^{0,75} = 1,23.$$

$$P_{oc} = 68 \cdot 4^1 \cdot 0,43^{0,7} \cdot 1,23 = 185,3 \text{ Н.}$$

Для расчета мощности резания необходимо знать частоту вращения шпинделя  $n$ . Рассчитываем число оборотов шпинделя  $n_{расч}$ :

$$n_{расч} = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot d_{max}} = \frac{1000 \cdot 12,2}{\pi \cdot 4} = 970,9 \text{ об/мин}$$

где  $d_{max}$  - наибольший диаметр рабочей кромки относительно оси вращающегося инструмента, мм.



В техническом паспорте станка мы находим ближайшее меньшее число оборотов шпинделя (меньшее - т.к. даже при незначительном увеличении скорости резания может произойти существенное снижение срока службы режущего инструмента  $T$ ):  $n_{\text{пасп}} = 1000$  об/мин. По формуле (5.3) вычисляем реальную (заданную или скорректированную) скорость резания при принятом числе оборотов шпинделя:

$$V_r = \frac{\pi \cdot d \cdot n_{\text{пасп}}}{1000} = \frac{3,14 \cdot 4 \cdot 1000}{1000} = 12,6 \text{ м/мин.}$$

Мощность резания при сверлении Ø4Н14 рассчитывается по формуле:

$$N = \frac{M \cdot n}{9750} = \frac{0,71 \cdot 1000}{9750} = 0,073 \text{ кВт} \quad (5.12)$$

#### **Расчет режимов резания и усилий при сверлении Ø4Н12 табличным методом**

Подбираем инструмент по рекомендациям [2, стр. 450]: сверло диаметром 4 мм ГОСТ 10902-64; материал режущей части - HSS P6M5, угол наклона точки  $2\phi = 118^\circ$ .

Глубина реза при сверлении  $t = 0,5 \cdot D = 0,5 \cdot 4 = 2,0$  мм. Максимальная скорость подачи определяется по рекомендациям [3, стр. 253]: группа скорости подачи - 1,  $S_r = 0,1$  об/мин.

Скорость резания при сверлении определяется рекомендациями [3, с.245]:

$$V = V_{\text{tab}} \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \quad (5.13)$$

где  $K_1=1,3$ ;  $K_2=1,15$ ;  $K_3=1$ .  $V_{\text{tab}}=24$  м/мин [3, стр. 245].

Затем:

$$V = V_{\text{tab}} \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 = 24 \cdot 1,3 \cdot 1,15 \cdot 1 = 35,88 \text{ м/мин.}$$

Мы вычисляем число оборотов шпинделя  $n_{\text{cal}}$ :

$$n_{\text{cal}} = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot d_{\text{max}}} = \frac{1000 \cdot 35,88}{\pi \cdot 4} = 2856 \text{ об/мин.}$$

В техническом паспорте станка мы находим ближайшее меньшее число оборотов шпинделя:  $n_{\text{пасп}} = 2000$  об/мин. Корректируем реальную скорость

резания при принятом числе оборотов шпинделя по формуле (5.7):

$$V_r = \frac{\pi \cdot d \cdot n_{\text{расч}}}{1000} = \frac{3,14 \cdot 4 \cdot 2000}{1000} = 25,12 \text{ м/мин.}$$

Мы вычисляем осевое усилие резания:

$$P_{\text{ax}} = P_{\text{tab}} \cdot K_p = 110 \cdot 0,75 = 82,5 \text{ кг.} = 825 \text{ N} \quad (5.14)$$

Мы рассчитываем мощность резки:

$$N_{\text{рез}} = N_{\text{tab}} \cdot K_p \cdot n = 0,2 \cdot 0,75 \cdot 2000 = 300 \text{ Вт} = 0,3 \text{ кВт.} \quad (5.15)$$

Необходимая мощность электродвигателя станка:

$$N_{\text{ст}} > N_{\text{рез}} \cdot 1,12 = 0,3 \cdot 1,12 = 0,336 \text{ кВт.}$$

### **Расчет режимов резания и мощности при фрезеровании торца в первой операции**

Исходные данные: диаметр фрезеруемого стержня 35 мм для длины 56 мм, сталь 40Х.

Фреза торцовая изготовлена из быстрорежущей стали Р6М5 [1, табл. 86, с. 184], диаметр 100 мм, исполнение 3, количество зубьев 40, ширина 3 мм, диаметр отверстия 32 мм [ГОСТ 2679-73]. Подача на зуб -  $S_z=0,05$  мм/зуб [1, табл. 33, с. 283]. Скорость резания рассчитывается по формуле

$$V = \frac{C_V \cdot D^q}{(T^m \cdot t^x \cdot s_z^y \cdot B^u \cdot z^p)} \cdot K_V \quad (5.16)$$

где: Т - стойкость режущего инструмента (для фрез диаметром от 90 до 150 мм Т=120 минут [1, табл. 40, с. 290].

Коэффициент  $C_V$  и экспоненты мы определяем для фрез из быстрорежущей стали при фрезеровании с СОЖ в таблице 39 [1, табл. 39, с.286]:

$$C_V=53; q = 0,25; x=0.3; y=0.2; u=0,2; p=0,1; m=0,2.$$

$K_V$  - коэффициент для обработанного материала:

$$K_V = K_{Mv} \times K_{sv} \times K_{tv}, \quad (5.17)$$

где  $K_{Mv} = K_g \times (750/\sigma_{\text{uts}})^{nv}$  - является коэффициентом, который учитывается при оценке влияния качества обработанного материала (долговечности) на скорость резания [1, стр. 261, таблица 1]. Для стали 40Х прочность на

растяжение  $\sigma_{\text{uts}}=1000$  МПа, следовательно, для быстрорежущей стали  $K_g = 0,85$ ,  $n_v = 0,9$  [1, с. 262, табл. 2]:

$$K_{Mv} = K_g \times (750/\sigma_{\text{uts}})^{n_v} = 0,85 \times (750/1000)^{0,9} = 0,65;$$

$K_{sv}$  - коэффициент, учитывающий качество поверхности заготовки [1, с. 436].  $K_{sv} = 1$ ;

$K_{tv}$  - коэффициент, учитывающий материал фрезы. Для фрезы, изготовленной из Р6М5,  $K_{tv}=1$  [1, стр. 436];

$$K_v = 0,65 \times 1 \times 0,9 = 0,585.$$

$$V = \frac{C_v \cdot D^q}{(T^m \cdot t^x \cdot s_z^y \cdot B^u \cdot z^p)} \cdot K_v = \frac{53 \cdot 100^{0,3}}{(120^{0,2} \cdot 35^{0,3} \cdot 0,05^{0,2} \cdot 3^{0,2} \cdot 40^{0,1})} \cdot 0,59 = 16,83 \text{ м/мин.}$$

Количество оборотов фрезы  $n_{\text{расч}}$ :

$$n_{\text{расч}} = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot d} = \frac{1000 \cdot 16,83}{3,14 \cdot 100} = 53,6 \text{ об/мин,}$$

где  $d$  - диаметр фрезы, мм. Принять  $n_{\text{фр}} = 63$  об/мин.

### **Расчет режимов резания и мощности при шлифовании Ø30g6**

Режущий инструмент мы выбираем по рекомендациям [1, стр. 242, 245, 246, 249, 250, 252 - 254]:

1. Тип абразива - 14А (обычный оксид алюминия) [1, с. 242] или А (алундум). Зерна или кристаллы оксида алюминия, хотя и не являются самым твердым искусственным абразивом, являются прочными и лучше всего подходят для шлифования материалов с высокой прочностью на разрыв. Они используются для шлифования углеродистых сталей, легированных сталей, мягких или твердых сталей, режущих инструментов из литейных сплавов, ковального железа и прочной бронзы.

2. Размер зерна - 25 (для получения шероховатости  $Ra < 0,8$  мкм и с допуском до 6 квалитета) [1, с. 247]. Зернистость относится к размеру абразивных частиц, используемых при изготовлении шлифовального круга. Размер зерна определяется количеством ячеек сита, через которые будет проходить зерно. Например, 36-зернистый шлифовальный круг состоит из частиц абразива, которые проходят через 36-сетевое сито, но которые

удерживаются на 46-сетевом сите, на следующем, более мелком сите. (36-ярусная просеивающая сетка имеет по 36 отверстий, каждое из которых имеет линейный размер 25,4 мм, или 200 отверстий на квадратный сантиметр).

3. Материалом связки является K2 (S2 в соответствии с американской терминологией) (шлифовальные круги с силикатной связкой, которые используются для шлифовки стальных деталей) [1, с. 247]. Связующим материалом является материал, который удерживает абразивные зерна вместе, образуя шлифовальный круг. При износе зёрен увеличенное давление вызывает разрушение связи и высвобождение изношенных зерен, в результате чего появляются новые острые зерна. Существует пять основных типов связей, используемых в шлифовальных кругах: стеклотканевые, силикатные, резиновые, шеллаковые и смолистые. Дополнительные модификации этих пяти материалов также производятся некоторыми производителями. Примерно 75% всех шлифовальных кругов изготавливаются со стеклокерамической или модифицированной стеклокерамической связкой. Круги со стеклокерамической связью являются прочными, пористыми и не подвержены воздействию быстрых изменений температуры, масел, кислот или воды. Эти круги имеют однородную структуру, свободны от твердых пятен и хорошо держат форму. Связь образуется при смешивании специальных глин с абразивными зернами и нагревании до высоких температур. Смесь образует расплавленное стекло, которое цементирует зерна вместе. Круги, связанные силикатом (силикатом натрия), называются силикатно- или полусиликатно-связанными колесами. Круги с силикатной связью высвобождают зерна быстрее, чем скрепленные стеклокерамической связью. Таким образом, круг становится мягче и зёрна быстрее выламываются, открывая тем самым новые острые зерна. Круги с силикатной связкой используются для шлифования стальных деталей, кромочного инструмента, свёрл, разверток, фрез и аналогичного инструмента.

4. Твердость шлифовального круга составляет CM2 (которая оценивается между мягкой и средней) [4, стр. 59] или марку Н в соответствии

с американской терминологией. Шлифовальные круги, из которых зерно или абразив легко выламываются, называются мягкой маркой. И наоборот, шлифовальные круги, которые не позволяют легко отделить зерно, называются твердыми. Твердые шлифовальные круги обычно используются для шлифовки мягких металлов, таких как низкоуглеродистая сталь. Мягкие круги обычно используются для шлифования твердых металлов, таких как высокоуглеродистая сталь. Следует помнить, что термин "твердый", используемый в отношении шлифовальных кругов, не имеет никакого отношения к твердости абразива, а скорее к легкости или сложности, с которой изношенные частицы абразива выламываются с рабочей поверхности шлифовального круга. При использовании данного связующего материала именно количество связки определяет твердость или мягкость шлифовального круга - чем больше связующего материала, тем тверже шлифовальный круг. По американской терминологии марка шлифовальных кругов обозначается буквами алфавита, А - самая мягкая, а Z - самая твердая [4, табл. 22-2].

5. Структура шлифовального круга 6 (средняя плотность). Структура шлифовального круга относится к расстоянию между зернами, или плотности круга. Зерна, находящиеся на очень близком расстоянии друг от друга, плотнее или ближе друг к другу, в то время как зерна, находящиеся на большем расстоянии друг от друга, т.е. менее закрытые, или открытые. Структура шлифовального круга имеет номера от 1 (закрытые) до 15 (открытые). Скорость удаления металла обычно выше для кругов с открытой структурой. Однако круги с закрытой (плотной) структурой обычно имеют более тонкую отделку.

Маркировка на шлифовальном круге - ЧК 250-25-50 14А 25 СМ2 6 К2/ППС 40 15 в соответствии с российской терминологией. Эта маркировка указывает на то, что тип шлифовального круга имеет форму чаши (ЧК), наружный диаметр 250 мм, высоту (ширину) 25 мм, диаметр отверстия 50 мм; тип абразива тип 14А (нормальный оксид алюминия); с 25 средней зернистостью; с классом СМ2 (который находится между мягкой и средней

твёрдости); структура 6 (средняя плотность); тип связки K2 (с силикатной связкой); ППС 40 15 - обозначение изготовителя для конкретного типа силикатной связки (используемый материал пористости - полистирол ППС с размером зерна 40 и пространством, содержащим абразив в массе 15 процентов. Шлифовальный круг этого типа хорошо справится с поверхностным шлифованием закаленной углеродистой стали.

Стандартная система маркировки колес, принятая Американской ассоциацией по стандартизации, включает в себя шесть последовательных частей, перечисленных в верхней части Таблицы 22-2 [4]. Префикс к пункту один в последовательности является необязательным для каждого изготовителя. Например, при наличии нескольких типов данного абразива, например, нескольких вариаций окиси алюминия, номер приставки указывает на точный тип окиси алюминия.

Пункты четыре и шесть в последовательности являются необязательными для изготовителя.

Маркировка шлифовальных кругов, принятая Американской ассоциацией стандартов, - T1 250-25-50 25A -H8SBE [4, стр. 59]. Эта маркировка указывает на то, что тип (форма) шлифовального круга 1 (с прямым профилем) [1, с. 56], диаметр шлифовального круга 250 мм, диаметр отверстия шлифовального круга 50 мм (диаметр отверстия в шпинделе), высота (ширина) шлифовального круга 25 мм, тип шлифовального круга 25 Alundum со средним размером зерна 25 мм; с классом H (который находится между мягким и средним); структура 8 (средняя плотность); тип связки S (которая является силикатной); и BE представляет собой знак производителя для конкретного типа силикатной связки. Шлифовальный круг этого типа хорошо справится с поверхностным шлифованием закаленной углеродистой стали.

Режимы резания для радиальной подачи на двойной ход выбираются в соответствии с рекомендациями [1, стр. 301]:

1. Скорость резания  $V = 30...35$  м/с (тангенциальная скорость

шлифовального круга)  $n_{кр} = 60000 \times V / (\pi \times d_{кр}) = 60000 \times 30 / (\pi \times 250) = 2293 \approx 2350$  об/мин.

2. Тангенциальная скорость заготовки  $V_p = 20 \dots 30$  м/мин;  
 $n_3 = 1000 \times V / (\pi \times d_3) = 1000 \times 20 / (\pi \times 30) = 212 \approx 250$  об/мин;  
 скорректированная (принятая) скорость на периферии заготовки  
 $V_{з пр} = \pi \times d_p \times n_3 / 1000 = 3,14 \times 30 \times 250 / 1000 = 23,6$  м/мин.

3. Глубина резания (шлифования)  $t = 0,015 \dots 0,05$  мм. Мы принимаем  $t = 0,03$  мм.

4. Скорость подачи по длине (продольная подача)  $S = (0,3 \dots 0,7) \times V = 0,5 \times 25 = 12,5$  мм, где  $V$  - длина рабочей части круга.

5. Количество проходов  $i$  вычисляется по формуле:

$$i = 2z_{\max i} / 2t = z_{\max i} / t, \quad (5.18)$$

где  $2z_{\max i}$  - это максимальный припуск в рассматриваемом технологическом переходе. Максимальный припуск:  $2z_{\max i} = d_{(i-1) \max} - d_{i \min} = 30,1 - 29,98 = 0,12$  мм.  $d_{i-1} = \varnothing 30,1 h9(-0.062)$ ,  $d_i = \varnothing 30 g6(-0.02^{-0.007})$ .

$$i = 2z_{\max} / 2t = 0,12 / (2 \times 0,03) = 2.$$

Мы принимаем  $i = 3$ , потому что добавляем один проход для уменьшения глубины резания в последнем проходе и уменьшения ошибок шлифования, которые возникают из-за упругого восстановления детали и механизма станка (ошибки размера, округлости и цилиндричность, шероховатости поверхности). Учитывается время возвращения шлифовального круга в правую сторону для радиальной подачи (холостые проходы). Поэтому общее количество проходов равно 6 (3 рабочих и 3 холостых).

Мощность резания для скорости подачи при двухходовом круглом шлифовании  $\varnothing 30 g6$  рассчитывается по формуле:

$$N = C_N \times V_p^r \times t^x \times s^y \times d^q \quad (5.19)$$

где  $C_N = 2,65$ ;  $r = 0,5$ ;  $x = 0,5$ ;  $y = 0,55$ ;  $q = 0$  [4, стр. 301].

$$N = C_N \times V_p^r \times t^x \times s^y \times d^q = 2,65 \times 23,6^{0,5} \times 0,03^{0,5} \times 12,5^{0,55} \times 30^0 = 3,46 \text{ кВт}.$$

Шлифовальный станок выбирается в соответствии с типом работы

(шлифование наружной цилиндрической поверхности), диаметром обрабатываемой детали ( $\varnothing 30$  мм) и длиной обработки ( $L=51$  мм), требуемой мощностью шлифовального станка ( $N=3,46$  кВт). Мы выбираем круглошлифовальный станок 3A150 [1, стр. 29] с максимальным диаметром обрабатываемой детали  $\varnothing 100$  мм, но рекомендуемый диаметр наружного шлифования  $\varnothing 10...45$  мм, максимальная длина шлифования 340 мм, максимальное продольное перемещение шлифовального стола с шлифовальной бабкой 400 мм, частота вращения шпинделя для закрепления заготовки бесступенчатая (с регулируемым механизмом) от 100 до 1000 об/мин, частота вращения шлифовального шпинделя 2350 и 1670 об/мин для наружного шлифования, максимальный диаметр шлифовальной скважины 400 мм, максимальная высота шлифовальной скважины 40 мм, максимальное поперечное перемещение шлифовальной бабки 80 мм с разрешением 0.0005 мм, мощность шлифовального станка 4 кВт, посадочный диаметр отверстия шлифовального круга 50 мм.

### **Расчет режимов резания и сил при фрезеровании паза 8Н9**

Режущий инструмент мы выбираем по рекомендациям [2, стр. 450]: шпоночная цельная фреза диаметром 8 мм из быстрорежущей стали Р6М5. Шпоночные фрезы имеют только два зуба. Торцевые зубья сконструированы таким образом, что они могут резать по центру фрезы. Поэтому торцевые фрезы с двумя зубьями можно подавать в заготовку как сверло без предварительного сверления отверстия, а затем продольно подавать для формирования паза.

Глубина резания при фрезеровании шпоночного паза  $t = D = 8$  мм. Максимальная ширина используется  $b \approx 0,5 \times D = 0,5 \times 8 = 4$  мм.

Максимальная подача на один зуб  $S_z$  выбирается в соответствии с жесткостью фрезы (диаметр фрезы  $\varnothing 8$  мм), материалом режущего инструмента (Р6М5), обрабатываемым материалом (сталь 40Х), шероховатостью поверхности боковых поверхностей щелей ( $Ra < 6,3$  мкм) и рекомендациями, которые приведены в табл. 38 [1, стр. 286] для шпоночных



фрез (количество зубьев  $z = 2$ ): осевая подача  $S_{z \text{ ос}} = 0,007$  мм на зуб, продольная подача  $S_{z \text{ прод}} = 0,022$  мм на зуб.

Скорость резания при фрезеровании рассчитывается по формуле:

$$V = \frac{C_V \cdot D^q}{(T^m \cdot t^x \cdot s_z^y \cdot B^u \cdot z^p)} \cdot K_V \quad (5.20)$$

где:  $T$  - стойкость режущего инструмента (при фрезеровании пазов  $T=80$  минут, табл. 40 [1, с. 290]).

Значения коэффициента  $C_V$  и показателей степени для шпоночной фрезы из быстрорежущей стали с охлаждением при обрабатываемой конструкционной стали (сталь 40Х) приведены в табл. 39 [1, с. 286]:

$$C_V=46,7; q = 0,45; x=0,5; y=0,5; u=0,1; p=0,1; m=0,3.$$

$K_V$  - поправочный коэффициент:

$$K_V = K_{Mv} \times K_{Пv} \times K_{Иv}, \quad (5.21)$$

где  $K_{Mv} = 750/\sigma_B$  - фактор, учитывающий влияние качества обрабатываемого материала (долговечности) на скорость резки. Для стали 40Х прочность на растяжение  $\sigma_B=750$  Н/мм<sup>2</sup>, поэтому  $K_{Mv} = 750/\sigma_B = 750/750 = 1$ ;

$K_{Иv}$  - фактор, учитывающий материал режущей части. Для режущего инструмента из быстрорежущей стали Р6М5  $K_{Иv}=1$  [1, стр. 263, табл.6];

$K_{Пv}=1$  - коэффициент, учитывающий состояние поверхности заготовки [1, стр. 263, табл.5].

$$K_V = 1 \times 1 \times 1 = 1.$$

$$V = \frac{C_V \cdot D^q}{(T^m \cdot t^x \cdot s_z^y \cdot B^u \cdot z^p)} \cdot K_V = \frac{12 \cdot 8^{0,3}}{80^{0,2} 8^{0,3} 0,022^{0,25} 4^0 2^0} 0,85 = 11,02 \text{ м/мин.}$$

Мы вычисляем число оборотов шпинделя  $n_{\text{расч}}$ :

$$n_{\text{расч}} = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot d_{\text{фр}}} = \frac{1000 \cdot 11}{3,14 \cdot 8} = 438 \text{ об/мин,}$$

где  $d_{\text{фр}}$  - диаметр фрезы, мм.

В техническом паспорте станка мы ищем ближайшее к нашей расчетной цифре число оборотов шпинделя (должно быть меньше, т.к. даже незначительное увеличение скорости резания может привести к заметному

сокращению срока службы режущего инструмента  $T$ ):  $n_{\text{пасп}} = 1000$  об/мин, т.к. наш фрезерный станок ФУ251 имеет наибольшее число оборотов 1000 об/мин, что делает 1000 об/мин ближайшим числом оборотов шпинделя к нашему  $n_{\text{расч}}$ . Мы вычисляем реальную (заданную или скорректированную) скорость резания при принятом числе оборотов шпинделя по формуле:

$$V_{np} = \frac{\pi \cdot d \cdot n_{\text{accepted}}}{1000} = \frac{3,14 \cdot 8 \cdot 1000}{1000} = 25,12 \text{ м/мин}$$

Расчет тангенциальной составляющей силы резания  $P_z$  [Н], при фрезеровании производится по формуле

$$P_z = \frac{10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot s_z^y \cdot B^u \cdot z}{D^q \cdot n^w} \cdot K_{mp} \quad (5.22)$$

Значения коэффициента  $C_V$  и показатели степени для концевой фрезы из Р6М5 и фрезерования конструкционной стали (сталь 40Х) приведены в табл. 41 [1, стр. 291]:

$$C_p=68,2; q=0,86; x=0,86; y=0,72; u=1; w=0.$$

$K_{mp}$  - поправочный коэффициент:

$$K_{mp} = K_{Mp} \times K_{Rp} \times K_{Ip} \quad (5.23)$$

где  $K_{Mp} = 750/\sigma_b$  - коэффициент, учитывающий влияние качества обрабатываемого материала (долговечности) на скорость резки. Для стали 40Х прочность на растяжение  $\sigma_b=750$  Н/мм<sup>2</sup>, поэтому  $K_{Mp} = 750/\sigma_b = 750/750 = 1$ ;

$K_{Ip}$  - коэффициент, учитывающий материал режущей детали. Для режущего инструмента из быстрорежущей стали Р6М5  $K_{Ip} = 1$  [1, стр. 263, табл.6];

$K_{Rp} = 1$  - коэффициент, учитывающий состояние поверхности заготовки [1, стр. 263, табл.5].

$$K_{mp} = 1 \times 1 \times 1 = 1.$$

$$P_z = \frac{10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot s_z^y \cdot B^u \cdot z}{D^q \cdot n^w} \cdot K_{mp} = \frac{10 \cdot 68,2 \cdot 8^{0,86} \cdot 0,022^{0,72} \cdot 6^1 \cdot 2}{8^{0,86} \cdot 1000^0} \cdot 1 = 524 \text{ [Н]}.$$

Другие составляющие силы резания рассчитываются по коэффициентам [1, стр. 292, таблица 42]:

$$P_h : P_z = 0,3 - 0,4; P_h = P_z \cdot 0,4 = 524 \cdot 0,4 = 209,6 \text{ [Н]};$$

$$P_v : P_z = 0,85 - 0,95; P_v = P_z \cdot 0,95 = 524 \cdot 0,95 = 497,8 \text{ [H]};$$

$$P_y : P_z = 0,3 - 0,4; P_y = P_z \cdot 0,4 = 524 \cdot 0,4 = 209,6 \text{ [H]};$$

$$P_x : P_z = 0,5 - 0,55; P_x = P_z \cdot 0,55 = 524 \cdot 0,55 = 288,2 \text{ [H]};$$

Мощность резания при фрезеровании паза 8Н9 рассчитывается по формуле (5.6):

$$N = \frac{P_z \cdot V}{1020 \cdot 60} = \frac{524 \cdot 25,12}{1020 \cdot 60} = 0,215 \text{ кВт.}$$

где  $P_z$  - тангенциальная составляющая силы резания, N

$V$  - Скорость резания, м/мин.

## 6. Нормирование технологического процесса

В мелкосерийном производстве необходимо знать норму межэтапного расчетного времени (штучно-калькуляционного времени)  $T_{шт-к}$  - время изготовления детали на одну технологическую операцию с учетом времени на подготовку станка, режущего инструмента и приставки к работе. Это время определяется по формуле:

$$T_{шт-к} = T_{шт} + \frac{T_{п.з.}}{n}, \text{ мин,} \quad (6.1)$$

где  $T_{п.з.}$  – подготовительно-заключительное время. Это время для подготовки станка, режущего инструмента и приспособления к работе, снятия инструмента и приспособления после обработки партии деталей;  $n$  - это партия деталей для изготовления при одновременном их запуске в производство.

Норма межэтапного времени  $T_{шт}$  - это штучное время, или время изготовления детали за одну технологическую операцию с учетом времени на удаление стружки и вспомогательного времени для работы со станком, но без учета времени на подготовку станка, режущего инструмента и приспособления к работе. Это время определяется по формуле:

$$T_{шт} = T_{оп} + T_{об} + T_{отд}, \text{ мин,} \quad (6.2)$$

где:  $T_{оп}$  - оперативное время;  $T_{об}$  - время обслуживания станка (смазывание, чистка щеткой, замена и заточка изношенных резцов и т.д.);  $T_{отд}$  - время для отдыха. Как правило,  $T_{об}$  равна 5% от  $T_{оп}$ ,  $T_{отд}$  равна 6% от  $T_{оп}$ , но иногда  $T_{об} + T_{отд} = 15\%$  от  $T_{оп}$ .

Далее вычислим  $T_{об} = 0,05 \cdot T_{оп}$ ,  $T_{отд} = 0,06 \cdot T_{оп}$ ,

Оперативное время  $T_{оп}$  определяется по формуле:

$$T_{оп} = T_o + T_{всп}, \text{ мин.} \quad (6.3)$$

Норма прямого времени  $T_o$  - это время, когда включается рабочая скорость подачи для удаления припуска. Это время включает в себя время удаления стружки с поверхности, а также время подхода по длине  $l_{дл}$  и перехода по длине  $l_{п}$  (под ходу подачи). Основное время определяется по формуле:

$$T_o = \frac{L}{n \cdot S}, \text{ мин,} \quad (6.4)$$

где:  $L$  - длина хода, мм;  $n$  - количество оборотов шпинделя в минуту, об/мин;  $S$  - скорость подачи, мм/об ( $S_{об}$ ). Для операций фрезерования и шлифования обычно используется скорость подачи в одну минуту для поддержания скорости подачи стола:

$$S_{мин} = S_{об} \cdot n, \text{ мм/мин.} \quad (6.5)$$

Скорость подачи для одного зуба  $S_z$ , мм на зуб, написана в руководстве по фрезерованию. Минимальная скорость подачи на оборот фрезы может быть рассчитана по формуле:

$$S_{об} = S_z \cdot z, \text{ мм/об,} \quad (6.6)$$

где  $z$  - это количество зубьев фрезы.

Вспомогательное время  $T_{вс}$  рассчитывается по формуле

$$T_{вс} = T_б + T_з + T_{об} + T_{и}, \text{ мин.} \quad (6.7)$$

где:  $T_б$  - время базирования и снятия заготовки;  $T_з$  - время зажима заготовки;  $T_{об}$  - время обслуживания станка (при необходимости изменение режимов резания  $n$  и  $S$ , режущего инструмента (как правило, путем вращения инструментального держателя), перемещение резца ближе к обрабатываемой поверхности, включение и выключение скорости подачи;  $T_{и}$  - время для измерений изготавливаемой детали, если оно не совпадает с основным временем.

Обычно  $T_{всп}$  определяется с помощью руководства по вспомогательным работам, для каждой из них, но иногда его можно рассчитать примерно, как  $T_{всп} \approx 0,15 \cdot T_o$ , мин.

Как правило, основное и вспомогательное время определяется для каждого технологического перехода, но время на обслуживание станка и время на остальную часть определяется для всей технологической операции.

Рассчитываем время основное, вспомогательное, обслуживания станка, отдыха, время подготовки к каждой операции и записываем их в табл. 6.1.

Операция 01 Фрезерно-центровальная:

$$T_o = 1,04 \text{ мин},$$

$$T_{всп} = 0,24 \text{ мин},$$

$$T_{оп} = T_o + T_{всп} = 1,04 + 0,24 = 1,28 \text{ мин},$$

$$T_{об} = 5\% T_{оп} = 0,064 \text{ мин}.$$

$$T_{отд} = 6\% T_{оп} = 0,077 \text{ мин}.$$

$$\text{Тогда } T_{шт} = 1,04 + 0,35 + 0,028 + 0,033 = 0,61 \text{ мин}.$$

Операция 02 Токарная:

$$T_o = 6,5 \text{ мин},$$

$$T_{всп} = 0,5 \text{ мин},$$

$$T_{оп} = T_o + T_{всп} = 6,5 + 0,5 = 7 \text{ мин},$$

$$T_{об} = 5\% T_{оп} = 0,35 \text{ мин}.$$

$$T_{отд} = 6\% T_{оп} = 0,42 \text{ мин}.$$

$$\text{Тогда } T_{шт} = 6,5 + 0,5 + 0,35 + 0,42 = 7,77 \text{ мин}.$$

Аналогично рассчитаем нормы времени на другие операции и сведем их в таблицу 6.1.

Таблица 6.1. Расчет трудоемкости производства вала

Номер		Режимы		Длина L, мм/ диаметр d, мм	Время, мин				T <sub>оп</sub> , мин.	T <sub>всп</sub> , мин	T <sub>об</sub> , мин	T <sub>отд</sub> , мин	T <sub>пз</sub> , мин	T <sub>шт</sub> , мин
Оп.	Пер.	n, об/мин	S, м/мин		T <sub>оп</sub>	T <sub>о</sub> +T <sub>всп</sub>	T <sub>об</sub>	T <sub>отд</sub>						
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
01	1					0,25								
	2	630	0,21	20	0,15	---	0,1	0,1	1,04	0,24	0,064	0,077	18	0,7
02	1					0,25								
	2	1000	0,5/2	20	0,07	---	0,1	0,1	6,5	0,5	0,35	0,42	18	8,22
	3	1000	0,1	15	0,15	---	0,3	0						
	4	125	0,43	68	1,26	---	0,3	0						
	5	2000	0,21	55	0,13	---	0,3	0,1						
	6	2000	0,1	3,5	0,02	---	0,1	0,1						
03	1					0,25			1,5	0,08	0,09	1,67	18	1,72
	2	1000	0,5/2	20	0,07	---	0,1	0,1						
	3	1000	0,5	54	0,11	---	0,1	0,1						
	4	2000	0,11	54	0,25	---	0,1	0,1						
	5	2000	0,1	3,5	0,02	---	0,1	0,1						
04	1					0,25			0,51	0,03	0,03	0,57	18	0,62
	2	2000	0,1	11	0,06	---	0,1	0,1						
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
05	1	Закалить и отпустить HRC 42...46												

	2								0,4	0,02	0,02	0,44	30	0,52
06	1					0,25								
	2	$n_{gr} = 2350$ $n_{part} = 400$	12,5;	80/250 $t=0.03$ мм; $2z_{max}=0,221$ мм.	$0,02 \times i = 0,02 \times 5 \times 2 = 0,2$	---	0,1	0,1	0,63	0,03	0,04	0,7	30	0,78
07	A1					0,25								
	2	$n_{gr} = 2350$	$S_1 = 20$ м/мин, $S_{cr} = 0,2 \cdot B = 0,2 \cdot 20 = 4$ об/мин	50/250 $t=0.03$ мм; $2z_{max}=1,19$ мм.	$0,003 \times i = 0,03 \times 40 = 1,2$	---	0,1	0,1	$1,65 + 0,7 = 2,35$	0,12	0,14	2,61	30	2,69
	B3					0,25								
	4	$n_{gr} = 2350$	$S_1 = 20$ м/мин, $S_{cr} = 0,2 \cdot B = 0,2 \cdot 20 = 4$ об/мин	50/250 $t=0.03$ мм; $2z_{max}=0,462$ мм.	$0,003 \times i = 0,03 \times 17 = 0,51$	---	0,1	0,1						
	5					0,25								
08	1					0,25								
	2	$n_{gr} = 2350$ часть = 300	12,5;	80/15 $t=0.01$ мм; $2z_{max}=0,521$ мм.	$0,02 \times i = 0,02 \times 26 \times 2 = 1,04$	---	0,1	0,1	1,49	0,08	0,09	1,66	30	1,74
09							2,5						2,5	

Вычисляется общее расчетное время технологического процесса:

$$\sum T_{fc} = 0,65 + 8,22 + 1,72 + 0,62 + 0,52 + 0,78 + 0,375 + 2,69 + 1,74 + 2,5 = 19,815 \text{ мин.}$$

## 7. Конструкторский раздел

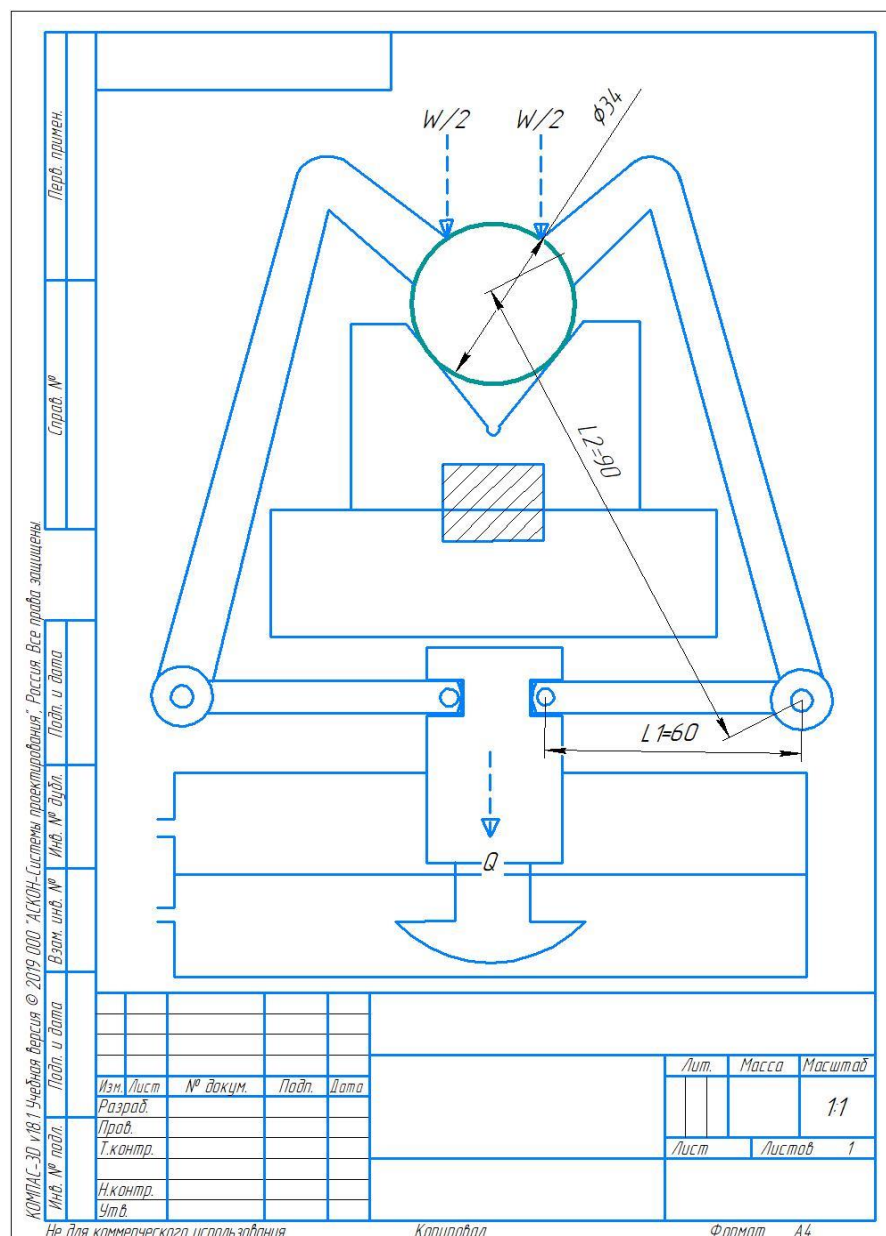


Рис. 7.1. Схема крепления вала на призме приспособления

Цель конструкторского раздела состоит в том, чтобы разработать механизированное приспособление для одной из операций. Мы будем фрезеровать шпоночный паз 8Н9, на конической части вала, который будет лежать на длинной призме. Угол призмы 90 градусов. На рис. 7.1 показано крепление вала, установленного в призме. Привод пневматический.

Мы должны рассчитать необходимую силу для нашего прикрепления, а также силу, которую мы получим с помощью пневматического механизма.



Сила на штоке должна быть выше, чем требуемое усилие с учётом плеч рычагов.

Коэффициент трения заготовки с поверхностями призмы и наконечником прижима с деталью:  $f_3 = f = 0,1$

При фрезеровании различают подачу на один зуб  $s_z$ , подачу на один оборот фрезы  $s$  и подачу минутную  $s_m$ , мм/мин, которые находятся в следующем соотношении:

$$s_m = s \times n = s_z \times z \times n$$

где  $n$  – частота вращения фрезы, об/мин;  $z$  – количество зубьев фрезы.

Исходной величиной подачи при черновом фрезеровании является величина ее на один зуб  $s_z$ , при чистовом фрезеровании – на один оборот фрезы  $s$ , по которой для дальнейшего использования вычисляют величину подачи на один зуб  $s_z = s/z$ . Рекомендуемые подачи для различных фрез и условий резания указаны в табл. 33 — 38 [1 (Косилова)]. При фрезеровании шпоночного паза концевой шпоночной фрезой ( $z = 2$  зуба) находим рекомендуемую подачу в табл. 38 (Фрезерование пазов на вертикально-фрезерных станках за один проход) при диаметре фрезы 8 мм  $s_{\text{осевая}} = 0,007$  мм/зуб,  $s_{\text{прод}} = 0,022$  мм/зуб.

Скорость резания – окружная скорость фрезы, м/мин, находим коэффициент и показатели степеней в табл. 39 для шпоночных двухпёрых фрез:

$$V_{\text{расч}} = \frac{C_v D^q}{T^m t^x s_z^y B^u z^p} K_v = \frac{12 \cdot 8^{0,3}}{80^{0,2} 8^{0,3} 0,022^{0,25} 4^0 2^0} 0,85 = 11,02 \text{ м/мин.}$$

Значения коэффициента  $C_v$  и показателей степени приведены в табл. 39, а периода стойкости  $T=80$  мин – в табл. 40.

Общий поправочный коэффициент на скорость резания, учитывающий фактические условия резания

$$K_v = K_{Mv} \times K_{nv} \times K_{uv} = 0,85 \cdot 1 \cdot 1 = 0,85.$$

где  $K_{Mv}$  – коэффициент, учитывающий качество обрабатываемого

материала (см. табл. 1 - 4), для хромистой стали  $K_{Mv} = 0,85$ ;  $K_{nv}$  - коэффициент, учитывающий состояние поверхности заготовки (см. табл. 5),  $K_{nv} = 1$ ;  $K_{uv}$  - коэффициент, учитывающий материал инструмента (см. табл. 6, для Р6М5  $K_{uv} = 1$ ).

$$\text{Частота вращения: } n_{расч} = \frac{1000 \cdot v}{\pi \cdot d_{фр}} = \frac{1000 \cdot 11}{\pi \cdot 8} = 438 \text{ об/мин,}$$

$$\text{принимаем } n_{np} = 400 \text{ об/мин.}$$

$$\text{Скорость подачи: } S_m = S_z \cdot Z \cdot n_{np} = 0,022 \cdot 2 \cdot 400 = 17,6 \text{ мм/мин.}$$

Сила резания по оси Z:

$$P_z = \frac{10 \cdot c_p \cdot t^x \cdot S_z^y \cdot B^u \cdot Z}{D^u \cdot n^w} \cdot K_{mp} = \frac{10 \cdot 68,2 \cdot 8^{0,86} \cdot 0,022^{0,72} \cdot 4^{1,0} \cdot 2}{8^{0,86} \cdot 400^0} \cdot 0,95 = 349 \text{ Н.}$$

$$K_{mp} = \left( \frac{\sigma_B}{750} \right)^{np} = \left( \frac{650}{750} \right)^{0,3} = 0,95.$$

Крутящий момент от силы резания  $P_z$

$$M_{рез} = P_z \cdot d/2 = 349 \cdot 0,008/2 = 1,4 \text{ Н} \cdot \text{м.}$$

Требуемая сила прижима при среднем диаметре конической части вала на призме  $d_{ср} = (25+30)/2 = 27,5 \text{ мм}$ :

$$W = \frac{K \cdot M_{рез}}{r(f \cdot \sin \frac{\alpha}{2} + f_3)} = \frac{2 \cdot 1,4}{27,5(0,1 \cdot \sin \frac{90}{2} + 0,1)} = 0,596 \approx 0,6 \text{ Н.}$$

Уравнение равновесия:

$$W \cdot l_2 = Q_{треб} \cdot l_1,$$

где  $l_2$  – длина рычага от места приложения силы  $W$  к конической поверхности заготовки до оси;  $l_1$  – длина рычага от штока пневмоцилиндра до оси.

$$Q_{треб} = \frac{W \cdot l_2}{l_1} = \frac{0,6 \cdot 90}{60} = 30 \text{ Н.}$$

Будем использовать стандартный цилиндр, применяемый на предприятии с внутренним диаметром  $D = 250 \text{ мм}$ , с диаметром штока  $d = 30 \text{ мм}$ . При принятом наименьшем давлении воздуха в сети  $p = 0,4 \text{ МПа}$  сила на штоке пневмоцилиндра ( $Q_{поршня}$ ):

$$Q_{\text{поршня}} = \left( \frac{D^2 * \pi}{4} - \frac{d^2 * \pi}{4} \right) * p = \left( \frac{0,25^2 * \pi}{4} - \frac{0,03^2 * \pi}{4} \right) * 0,4 * 10^6 =$$

$$= 19352 \text{ Н}$$

$$Q_{\text{поршня}} \gg Q_{\text{треб.}}$$

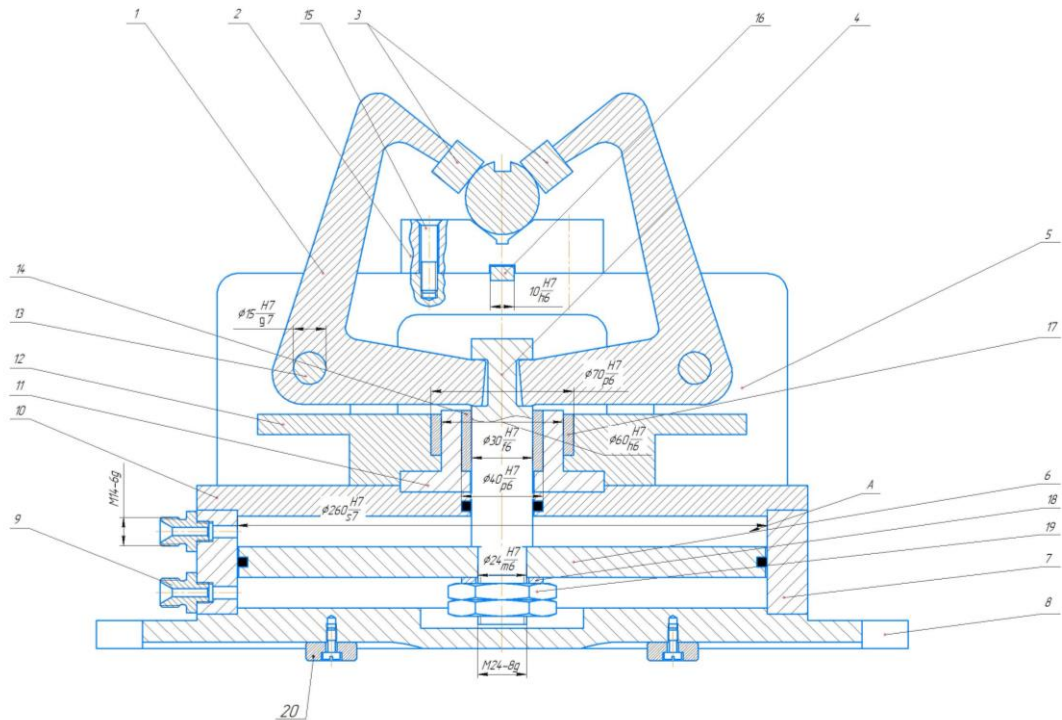


Рис. 7.2. Схема приспособления (вид сбоку)

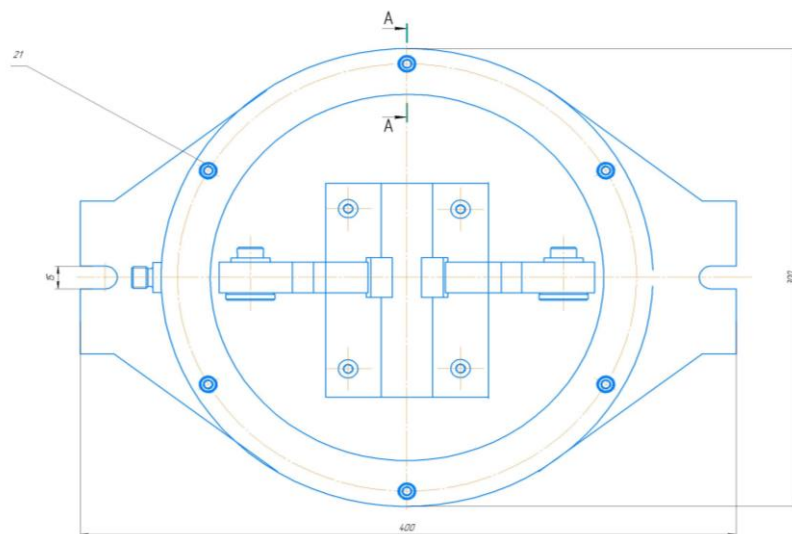


Рис. 7.3. Схема приспособления (вид сверху)

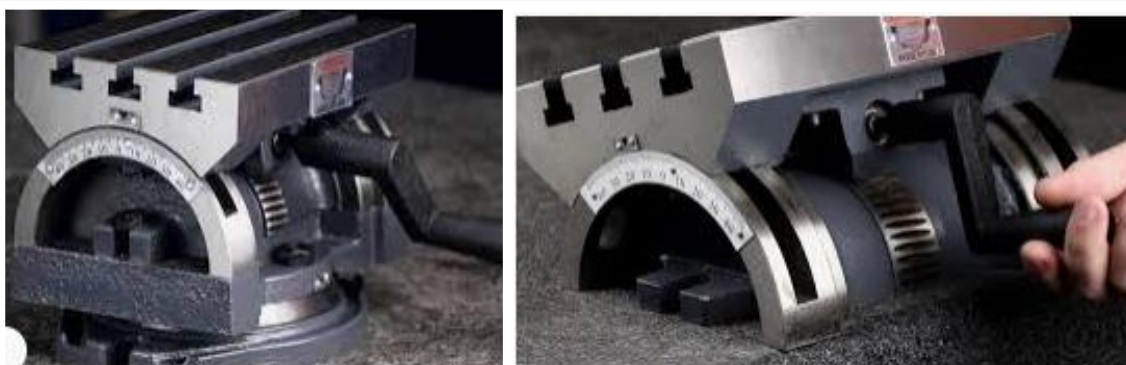


Рис. 7.4. Координатный наклоняемый поворотный стол, на который будет устанавливаться разработанное приспособление для фрезерования продольного шпоночного паза на конической части вала

### **Вывод:**

Мы выяснили, что сила на штоке поршня ( $Q_{\text{поршня}}$ ), которую мы получим, намного выше, чем требуемая сила ( $Q_{\text{треб}}$ ). Несмотря на то, что сила поршня намного выше, мы не будем изменять параметры пневматического цилиндра. Если на конической части вала будет масло, то коэффициент трения будет намного меньше. Также на приспособлении могут выполняться фрезерование фрезой большего диаметра, например, торцевой фрезой для обработки ласки, или концевой с большей подачей, глубиной и шириной фрезерования.

**ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА  
«ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И  
РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ»**

Студенту:

Группа	ФИО
3-8Л61	Ижбульдин Руслан Ринатович

Школа	ИИНПТ	Отделение	Отделение материаловедения
Уровень образования	Бакалавриат	Направление/специальность	15.03.01 Машиностроение

**Исходные данные к разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»:**

1. Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих	Примерный бюджет проекта – 1874 тыс руб.; В реализации проекта задействованы два человека: руководитель, инженер.
2. Нормы и нормативы расходования ресурсов	Накладные расходы 16%; Районный коэффициент 30% Минимальный размер оплаты труда (на 01.01.2021) 12792 руб.
3. Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования	Коэффициент отчислений на уплату во внебюджетные фонды 30 %

**Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:**

1. Оценка коммерческого и инновационного потенциала НТИ	Описание потенциальных потребителей, анализ конкурентных технических решений, SWOT-анализ
2. Планирование процесса управления НТИ: структура и график проведения, бюджет, риски и организация закупок	Планирование работ, разработка диаграммы Ганта, формирование бюджета затрат.
3. Определение ресурсной, финансовой, экономической эффективности	Оценка сравнительной эффективности исследования. Интегральный показатель ресурсоэффективности – 4,5 Интегральный показатель эффективности – 4,98 Сравнительная эффективность проекта – 1,136

**Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей):**

1. Оценка конкурентоспособности технических решений 2. Матрица SWOT 3. График проведения и бюджет НИ 4. Оценка ресурсной, финансовой и экономической эффективности НИ
--

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику

**Задание выдал консультант:**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОСГН ШБИП	Трубоченко Татьяна Григорьевна	Канд.экон.наук, доцент		15.03.2021

**Задание принял к исполнению студент:**

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-8Л61	Ижбульдин Руслан Ринатович		15.03.2021

## **8. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение**

Данный раздел выпускной квалификационной работы предназначен для анализа конкурентоспособности, ресурсоэффективности и расчёта бюджета по составлению технологического процесса изготовления детали «Вал», затраты на возможную реализацию техпроцесса. Также необходимо провести коммерческий анализ технологии. Оценка перспективности, определение возможных альтернатив, планирование и формирование бюджета научного исследования позволяют анализировать его экономическую эффективность.

### **8.1 Потенциальные потребители результатов исследования**

Для анализа потребителей результатов исследования, которым является «вал» необходимо рассмотреть целевой рынок и провести его сегментирование. Целевой рынок – сегменты рынка, на котором будет продаваться в будущем разработка. В свою очередь, сегмент рынка – это особым образом выделенная часть рынка, группы потребителей, обладающих определенными общими признаками.

Потенциальными потребителями могут выступать промышленные предприятия (производство приводного оборудования, нефтегазовые предприятия), строительство, сельскохозяйственная техника. Целесообразно выбрать два наиболее значимых критерия: размер компании и отрасль, по которым будет производиться сегментирование рынка.

Таблица 8.1.1. – Карта сегментирования

		Сфера использования		
		Промышленные предприятия	Строительство	Сельскохозяй-ная техника
Размер организации	Крупные	+	+	+
	Средние	+	+	-
	Мелкие	-	-	-

Как видно из приведенной карты сегментирования, что для реализации разработки подходят крупные и средние промышленные предприятия, сфера строительства, крупные производители сельскохозяйственной техники.

## 8.2 Анализ конкурентных технических решений

Детальный анализ конкурирующих разработок, существующих на рынке, необходимо проводить систематически, поскольку рынки пребывают в постоянном движении. Такой анализ помогает вносить коррективы в научное исследование, чтобы успешнее противостоять своим конкурентам. В настоящий момент в Томске можно выделить лишь два наиболее влиятельных предприятий конкурентов в области производства детали «Вал»: ОАО «Томский электромеханический завод им. В.В. Вахрушева» (ТЭМЗ) и АО «НПЦ Полюс».

ОАО «Томский электромеханический завод им. В.В. Вахрушева» (ТЭМЗ) предприятие в Томске, крупный производитель горно-шахтного оборудования (вентиляторы, пневмоинструмент, гидроинструмент).

АО "Научно-Производственный Центр "Полюс" специализируется на создании наукоемкого бортового, наземного электротехнического оборудования, и систем точной механики, электровентиляторы постоянного и переменного тока для систем кондиционирования и вентиляции воздуха, устройства авиационной техники и многое другое.

Сравнительная таблица конкурирующих технических решений приведена в таблице 8.2.1.

Таблица 8.2.1. – Сравнение конкурирующих технических решений

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы			Конкурентоспособность		
		Б <sub>ф</sub>	Б <sub>к1</sub>	Б <sub>к2</sub>	К <sub>ф</sub>	К <sub>к1</sub>	К <sub>к2</sub>
1	2	3	4	5	6	7	8
<b>Технические критерии оценки ресурсоэффективности</b>							
1. Производительность	0,2	5	4	4	1	0,8	0,8
2. Срок службы	0,4	4	4	4	1,6	1,6	1,6
<b>Экономические критерии оценки эффективности</b>							
3. Цена	0,2	5	4	4	1	0,8	0,8
4. Уровень проникновения на рынок	0,1	4	4	5	0,4	0,4	0,5
5. Финансирование научной разработки	0,1	3	5	5	0,3	0,5	0,5
Итого:	1	21	21	22	4,3	4,1	4,2

Б<sub>ф</sub> – продукт проведенной исследовательской работы;

Бк1 – ОАО «Томский электромеханический завод им. В.В. Вахрушева» (ТЭМЗ); Бк2 – АО «Научно-Производственный Центр Полюс».

Таким образом, на основании таблицы 8.2.1. можно сделать вывод, что разработанный в ходе исследовательской работы технологический процесс может составить серьезную конкуренцию уже имеющимся на российском рынке производителям. Главными преимуществами данной разработки является довольная высокая производительность и срок службы при относительно низкой цене.

### 8.3 SWOT-анализ

SWOT-анализ проводится для комплексной оценки внешней и внутренней среды проекта. При SWOT-анализе рассматриваются сильные и слабые стороны, возможности и угрозы применительно к способу решения поставленной задачи. Итоговая матрица SWOT-анализа представлена в таблице 8.3.1.

Таблица 8.3.1. – Матрица SWOT-анализа

	<b>Сильные стороны:</b> С1. Ряд конструкторских размеров выдерживается непосредственно; С2. Использование производительных видов обработки; С3. Низкое влияние человеческого фактора; С4. Требуется малая номенклатура станков.	<b>Слабые стороны:</b> Сл1. Наличие малопроизводительной операции; Сл2. Наличие термообработки; Сл3. Обработка станками с ЧПУ; Сл4. Необходимость специальной оснастки.
<b>Возможности:</b> В1. Изготовление детали на любом предприятии; В2. Поддержка государством; В3. Увеличение такта выпуска деталей;	В1 С1 С2 С4; В3 С2 С3	В1 Сл1 Сл2 Сл4; В3 Сл1; В4 Сл1 Сл2 Сл3 Сл4.



В4. Возможность удешевления ТП.		
Угрозы: У1. Разработка более совершенного техпроцесса; У2. Изменение конструкции или требований; У3. Перенасыщение рынка; У4. Отсутствие спроса.	У1 С1 С3; У2 С1 С4; У3 С4; У4 С4.	У1 Сл1 Сл3 Сл4; У2 Сл1; У3 У4 Сл4.

По итогам SWOT-анализа выявлены возможности для дальнейшего развития как настоящего разработанного технологического процесса, так и в целом подхода к созданию подобных технологических процессов.

1. В случае разработки более совершенного техпроцесса (угроза У1) разработка может получить конкурентное отставание, так как организационно-технический уровень производства будет разный и не каждое предприятие сможет быть оснащено нужным оборудованием для данной разработки.

2. Изменение в конструкции или требований (угроза У2) может привести как к удорожанию разработки, так и к ее ухудшению, а это может привести в свою очередь к отсутствию спроса и ухудшению качества детали.

3. Для противодействия угрозе У3 необходимо использовать разработку с учетом рациональных областей применения конкретного вида технологического процесса.

4. Во избежание отсутствия спроса (угроза У4) технологический процесс разработан как информационная основа для проектирования рабочих

технологических процессов при техническом и организационном перевооружении производства, предусматривающий применение более совершенных методов обработки, более производительных и экономически эффективных средств технологического оснащения и изменение принципов организации производства.

## 8.4 Планирование научно-исследовательских работ

### 8.4.1 Структура работ

Прежде чем начать работу над проектом, необходимо провести планирование этапов работы, обозначив при этом занятость каждого из участников, а также привести сроки выполнения каждого этапа. Структура работ и распределение занятости исполнителей приведены в табл.8.4.1.1. Данный этап характеризуется планированием работ по разработке технологического процесса, анализом трудоёмкости и необходимых средств для реализации проекта.

Таблица 8.4.1.1. – Структура работ и распределение занятости исполнителей

Основные этапы	№ раб	Содержание работы	Должность исполнителя
Разработка технического задания	1	Составление и утверждение технического задания	НР
Выбор направления исследования	2	Ознакомление с литературой	И
	3	Выбор способов обработки	НР, И
Технологическая часть	4	Анализ конструкции и технологичности	И
	5	Определение типа производства	И
	6	Выбор заготовки	НР, И
	7	Составление технологического процесса	И
	8	Назначение допусков	И
	9	Расчет припусков	И
	10	Размерный анализ	И
	11	Выбор режимов резания	И
	12	Выбор технологической оснастки	НР, И
	13	Нормирование времени	И

Конструкторская часть	14	Разработка 3D модели	И
	15	Расчет сил закрепления	И
	16	Составление чертежей	И
Обобщение и оценка результатов	17	Оценка эффективности полученных результатов	НР, И

#### 8.4.2 Разработка графика проведения научно-технического исследования

Трудоёмкость выполнения оценивается экспертным путём в человеко-днях, характеризуется вероятностным характером, по причине зависимости от множества трудно оцениваемых факторов.

$$t_{ож} = \frac{3 \cdot t_{\min} + 2 \cdot t_{\max}}{5}, \quad (8.4.1.)$$

где  $t_{ож}$  – ожидаемая трудоёмкость выполнения работы [чел-дн];

$t_{\min}$  – минимально возможная трудоёмкость заданной работы [чел-дн];

$t_{\max}$  – максимально возможная трудоёмкость заданной работы [чел-дн].

Для построения графика проведения научных работ в форме диаграммы Ганта длительность каждого из этапов работ в рабочих днях переводится в календарные дни по формуле:

$$T_{КД} = T_{РД} \cdot K_{КД}, \quad (8.4.2.)$$

где  $T_{КД}$  – продолжительность выполнения работы в календарных днях;

$T_{РД}$  – продолжительность выполнения работы в рабочих днях;

$K_{КД}$  – коэффициент календарности.

Коэффициент календарности рассчитывается по формуле:

$$K_{КД} = \frac{T_{КД}}{T_{КД} - T_{ВД} - T_{ПД}}, \quad (8.4.3.)$$

где  $T_{КД}$  – количество календарных дней в году;

$T_{ВД}$  – количество выходных дней в году;

$T_{ПД}$  – количество праздничных дней в году.

Значение коэффициента календарности для 2021 года [18]:

$$K_{КД} = \frac{365}{365-118} = \frac{365}{247} = 1,48 \quad (8.4.4.)$$

С учётом данных таблицы 8.4.1.1. и приведённых выше формул составляется расчётная таблица 8.4.2.1. Диаграмма Ганта, представляющая собой календарный график работ, приведена на рис. 8.4.2.1.

Таблица 8.4.2.1. – Расчёт трудозатрат на выполнение работ

Наименование работы	Испол- ли работы	Длительность работ, дн.			Трудоёмкость работ по исполнителям, чел.дн			
		$t_{\min}$	$t_{\max}$	$t_{ож}$	$T_{РД}$		$T_{КД}$	
					НР	И	НР	И
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Составление и утверждение технического задания	НР	1	3	1,8	1,8	1,8	2	2
Ознакомление с литературой	И	1	2	1,4	0	1,4	0	3
Выбор способов обработки	НР, И	1	2	1,4	1,4	1,4	3	3
Анализ конструкции и технологичности	И	1	2	1,4	0	1,4	0	3
Определение типа производства	И	1	2	1,4	0	1,4	0	3
Выбор заготовки	НР, И	1	2	1,4	1,4	1,4	3	3
Составление технологического процесса	И	3	5	3,8	0	3,8	0	6
Назначение допусков	И	1	2	1,4	0	1,4	0	2
Расчет припусков	И	1	2	1,4	0	1,4	0	3
Размерный анализ	И	2	3	2,4	0	2,4	0	4
Выбор режимов резания	И	3	4	3,4	0	3,4	0	6
Выбор технологической оснастки	НР, И	2	3	2,4	2,4	2,4	4	4

Нормирование времени	И	2	3	2,4	0	2,4	0	4
Разработка 3D модели	И	1	2	1,4	0	1,4	0	3
Расчет сил закрепления	И	2	3	2,4	0	2,4	0	4
Составление чертежа	И	1	3	1,8	0	1,8	0	3
Оценка эффективности полученных рез-ов	НР,И	2	4	2,8	2,8	2,8	2	2
<b>Итого:</b>				<b>34,4</b>	<b>9,8</b>	<b>34,4</b>	<b>14</b>	<b>57</b>

Рис. 8.4.2.1. – Диаграмма Ганта



Из диаграммы на рис. 8.4.2.1. видно, что подготовка к выполнению задания и поставленных задач началась довольно рано, это необходимо для лучшей проработки и исключения необходимости возвращаться к некоторым этапам работы в дальнейшем. Сравнительно большой промежуток выделен времени на составление технического процесса, выбора технологической оснастки для лучшей его проработки.

## 8.5 Бюджет научно-технического исследования

Планирование бюджета позволяет оценить затраты на проведение исследования до его фактического начала и позволяет судить об экономической эффективности работы. В данном разделе подсчитываются следующие статьи расходов:

- материальные затраты;
- амортизационные отчисления;
- заработная плата исполнителей;
- отчисления во внебюджетные фонды;
- накладные расходы.

### 8.5.1 Расчет материальных затрат

В этом подразделе оценивается стоимость всех материальных ценностей, непосредственно расходуемых в процессе выполнения работ.

Теоретические исследования, а также моделирование системы требуют ряд программных продуктов: MicrosoftOffice, КОМПАС-3D и др. Большинство из них предоставляются бесплатно для студентов, другие находятся в свободном доступе в сети «Интернет». Таким образом, затраты на материалы включают в себя расходы на канцелярские принадлежности. Для исследований используется персональный компьютер. В материальные затраты также включаются транспортно-заготовительные расходы (ТЗР) в пределах от 5% до 20% от общей цены материалов. Расчёт материальных затрат приведён в табл. 8.5.1.

Таблица 8.5.1. – Материальные затраты

Наименование	Цена за ед., руб.	Кол-во, шт.	Сумма, руб.
Офисная бумага, упак. 500 листов	310	1	310
Тетрадь общая, 48 л.	50	1	50
Шариковая ручка	30	3	90
<b>Итого</b>			<b>450</b>
<b>Итого с учётом ТЗР (10%)</b>			<b>495</b>

### 8.5.2 Расчет амортизационных отчислений

Написание выпускной квалификационной работы по плану занимает 5 месяцев. Для разработки и проведения расчётов используется персональный компьютер первоначальной стоимостью 60000 рублей. Срок полезного использования для офисной техники составляет от 2 до 3 лет [19]

Норма амортизации  $H_A$  рассчитывается как [20]:

$$H_A = \frac{1}{T} \cdot 100\%, \quad (8.5.1.)$$

где  $T$  – срок полезного использования, лет.

Если принять срок полезного использования равным 3 годам, тогда норма амортизации  $H_A$ :

$$H_A = \frac{1}{3} \cdot 100\% = 33,3\%. \quad (8.5.2.)$$

Годовые амортизационные отчисления:

$$A_{год} = 60000 \cdot 0,33 = 19800 \text{ руб.} \quad (8.5.3.)$$

Ежемесячные амортизационные отчисления:

$$A_{мес} = \frac{19800}{12} = 1650 \text{ руб.} \quad (8.5.4.)$$

Итоговая сумма амортизации основных средств:

$$A = 1650 \cdot 5 = 8250 \text{ руб.} \quad (8.5.5.)$$

### 8.5.3 Расчет заработной платы и отчислений во внебюджетные фонды

Оклад научного руководителя (в должности доцента) составляет 38 560 рублей, оклад консультанта (в должности ассистента) – 18600 рублей. Оклад студента (инженера) принимается равным окладу соответствующего специалиста низшей квалификации, т.е. ассистента и составляет 18600 рублей. В 2021 году с учётом 48-дневного отпуска 247 рабочих дня. Среднее количество рабочих дней в месяце составит 21 день. Среднедневная заработная плата для руководителя составит 1836,19 рублей в день, для консультанта и инженера – 885,71 рублей в день.

Заработная плата включает в себя основную и дополнительную части.

При этом основная заработная плата рассчитывается по формуле:

$$ЗП_{осн} = ЗП_{дн} \cdot T_{РД} \cdot (1 + K_{пр} + K_{\partial}) \cdot K_p, \quad (8.5.6)$$

где  $ЗП_{дн}$  – среднедневная заработная плата, руб.;

$T_{РД}$  – трудоёмкость выполнения работы в рабочих днях;

$K_{пр}$  – коэффициент премирования;

$K_{\partial}$  – коэффициент доплат;

$K_p$  – районный коэффициент.

Результаты расчёта основной заработной платы по формуле 8.5.6 приведены в табл. 8.5.3.1.

Таблица 8.5.3.1. – Расчёт основной заработной платы

Исполнители	$ЗП_{дн}$	$K_p$	$K_{\partial}$	$K_{пр}$	$T_{РД}$	$ЗП_{осн}$ , руб
Руководитель	1863,19	1,3	0,2	0,1	9,8	47474,08
Инженер	885,71	1,3	0,2	0	34,4	76171,06
<b>Итого</b>						<b>123645,14</b>

Дополнительная заработная плата рассчитывается по формуле:

$$ЗП_{дон} = ЗП_{осн} \cdot 0,12, \quad (8.5.7.)$$

где  $ЗП_{осн}$  – основная заработная плата, руб.

Отчисления во внебюджетные фонды в соответствии с Налоговым кодексом РФ рассчитываются по формуле:

$$ЗП_{внеб} = (ЗП_{осн} + ЗП_{дон}) \cdot 0,3, \quad (8.5.8.)$$

где  $ЗП_{осн}$  – основная заработная плата, руб;

$ЗП_{дон}$  – дополнительная заработная плата, руб.

Результаты расчётов по формулам 8.5.7. и 8.5.8. приведены в табл. 8.5.3.2.



Таблица 8.5.3.2. – Расчёт дополнительной заработной платы и отчислений

Исполнители	$ЗП_{доп}$	$ЗП_{внеб}$
Руководитель	5696,88	15951,28
Инженер	9140,52	25593,47
<b>Итого</b>	<b>14837,4</b>	<b>41544,75</b>

Накладные расходы принимаются в размере 10% от величины всех остальных расходов.

#### 8.5.4 Расчет общей стоимости

Рассчитанные в пунктах 8.5.1-8.5.3 расходы сведены в таблицу 8.5.4.1.

Таблица 8.5.4.1 – Суммарные расходы

Наименование	Сумма, руб.	Удельный вес, %
Материальные затраты	495	0,464
Затраты на амортизацию	8250	4,64
Основная заработная плата	123645,14	58,93
Дополнительная заработная плата	14837,4	7,07
Страховые взносы	41544,75	19,8
Накладные расходы	18577,12	9,09
<b>Итого</b>	<b>201920,03</b>	<b>100</b>

В ходе подсчёта затрат на разработку проекта выявлено, что основная часть (63%) средств расходуется на заработную плату исполнителей.

#### 8.6 Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования

Эффективность разработки сравнивается аналогичными системами:

1. Если разработка технологического процесса исполнена на ОАО «Томский электромеханический завод им. В.В. Вахрушева» (ТЭМЗ) общей стоимостью 223674,05 руб.

2. Если разработка технологического процесса исполнена на АО «Научно-Производственный Центр Полнос» общей стоимостью 214381,32 руб.

Эффективность разработки определяется путём расчёта интегрального финансового показателя:

$$I_{фин}^i = \frac{\Phi_i}{\Phi_{max}}, \quad (8.6.9)$$

где  $I_{фин}^i$  – интегральный финансовый показатель разработки;

$\Phi_i$  – стоимость i-ого варианта исполнения;

$\Phi_{max}$  – максимальная стоимость исполнения проекта (зависит от сложности АСУ).

$$I_{фин} \frac{201920,03}{223674,05} = 0,902, \quad (8.6.10)$$

$$I_{фин} \frac{223674,05}{223674,05} = 1, \quad (8.6.11)$$

$$I_{фин} \frac{214381,32}{223674,05} = 0,958, \quad (8.6.12)$$

Сравнительная оценка ресурсоэффективности рассматриваемых аналогов приведена в табл. 8.6.1.

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы			Ресурсоэффективность		
		Б <sub>ф</sub>	Б <sub>к1</sub>	Б <sub>к2</sub>	К <sub>ф</sub>	К <sub>к1</sub>	К <sub>к2</sub>
Надежность	0,2	4	5	5	0,8	1	1
Материалоемкость	0,2	5	5	4	1	1	0,8
Сложность исполнения	0,1	5	4	4	0,5	0,4	0,4
Технологичность	0,3	4	4	4	1,2	1,2	1,2
Энергоёмкость	0,05	5	5	4	0,25	0,25	0,2
Качество исполнения	0,15	5	4	4	0,75	0,6	0,6
<b>Итого</b>	<b>1</b>	<b>28</b>	<b>27</b>	<b>25</b>	<b>4,5</b>	<b>4,45</b>	<b>4,2</b>

Интегральный показатель эффективности разработки  $I^i$  вычисляется на основании рассчитанных выше интегрального финансового показателя  $I_{фин}^i$  (8.6.10 – 8.6.13) и показателя ресурсоэффективности  $I_p^i$  (табл. 8.6.1):

$$I^i = \frac{I_p^i}{I_{фин}^i}, \quad (8.6.13)$$

Для разрабатываемого тех.процесса:

$$I = \frac{4,5}{0,902} = 4,98, \quad (8.6.14)$$

Для рассматриваемых аналогов:

$$I^1 = \frac{4,45}{1} = 4,45, \quad (8.6.15)$$

$$I^2 = \frac{4,2}{0,958} = 4,38, \quad (8.7.16)$$

Сравнительная эффективность разрабатываемой системы и рассматриваемых аналогов рассчитывается как:

$$\mathcal{E} = \frac{I}{I^i}, \quad (8.6.17)$$

Сравнительная эффективность разрабатываемой системы с аналогами приведена в табл. 8.6.2.

Таблица 8.6.2 – Сравнительная эффективность разработки

№ п/п	Показатели	Разработка	Аналог №1	Аналог №2
1	Интегральный финансовый показатель $I_{фин}$	0,902	1	0,958
2	Интегральный показатель ресурсоэффективности $I_p$	4,5	4,45	4,2
3	Интегральный показатель эффективности $I$	4,98	4,45	4,38
4	Сравнительная эффективность $\mathcal{E}$ разработки к аналогам		1,119	1,136

Сравнение значений показателей эффективности показало, что наиболее эффективным вариантом технологического процесса является исполнение под аналогом №2. Так же исполнение под аналогом №2 является предпочтительным потому как не требуется дополнительное оборудование и возможно обойтись стандартным сырьём. Однако хоть вариант технологического процесса и уступает аналогу №2, но превосходит его по интегральному показателю эффективности за счет меньшей стоимости разработки.

## **Выводы по разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»**

В данном разделе оценены экономические аспекты исследуемого подхода к разработке технологического процесса.

1. Выявлены потенциальные потребители результатов исследования. Разработанный технологический процесс может быть применен на крупных и средних промышленных предприятиях, в сфере строительства, а также у крупных производителей сельскохозяйственной техники.

2. Проведён анализ конкурентных технических решений. Выявлено два конкурента: ОАО «Томский электромеханический завод им. В.В. Вахрушева» (ТЭМЗ) и АО «Научно-Производственный Центр Полюс». Разработанный технологический процесс на данном этапе уступает конкурентам по техническим своим характеристикам производства, однако выигрывает за счет меньшей стоимости и возможности внедрения как информационная основа для проектирования рабочих технологических процессов при техническом и организационном перевооружении производства.

3. В ходе SWOT-анализа основными угрозами обозначены: разработка более совершенного техпроцесса; изменение конструкции или требований; перенасыщение рынка; отсутствие спроса. Возможные пути снижения влияния выявленных угроз представлены в подразделе 8.3.

4. Подсчёт затрат на разработку позволяет заключить, что основной статьёй расходов в научно-исследовательской работе является заработная плата исполнителей: основная – 123645,14 руб. (58,93%), дополнительная – 14837,4 руб. (7,07%). На втором месте страховые взносы – 41544,75 руб. (19,8%). Затем идут накладные расходы – 18577,12 руб. (9,09%). Меньше всего средств уходит на амортизацию оборудования – 8250 руб. (4,64%) и на материальные затраты – 495 руб. (0,464%). Общий бюджет разработки составил 201920,03 руб.

5. В подразделе 8.6 оценена экономическая эффективность

разработки.

В целом эффективность разрабатываемого технологического процесса в каждом конкретном случае можно оценить исходя из вероятных затрат при ошибке конструкторских размеров, применение или разработке универсального оборудования и приспособления. Зачастую стоимость может составлять сотни тысяч, а иногда и миллионы рублей.

## ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

<b>Группа</b>	<b>ФИО</b>
3-8Л61	Ижбульдин Руслан Ринатович

<b>Школа</b>	<b>Инженерная школа новых производственных технологий</b>	<b>Отделение (НОЦ)</b>	<b>Отделение материаловедения</b>
<b>Уровень образования</b>	Бакалавриат	<b>Направление/специальность</b>	15.03.01 «Машиностроение»

Тема ВКР:

<b>Разработка технологии изготовления детали «Входной вал редуктора»</b>	
<b>Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:</b>	
1. Характеристика объекта исследования (вещество, материал, прибор, алгоритм, методика, рабочая зона) и области его применения	Объектом исследования является технологическое бюро по разработке технологических процессов деталей типа «Вал».
Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:	
2. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности: – специальные (характерные при эксплуатации объекта исследования, проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства; – организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны.	– «Трудовой кодекс Российской Федерации» от 30.12.2001 N 197-ФЗ (ред. от 05.04.2021) – «ГОСТ 12.2.032-78 Рабочее место при выполнении работ сидя».
3. Производственная безопасность: 3.1. Анализ выявленных вредных и опасных факторов 3.2. Обоснование мероприятий по снижению воздействия	– Повышенный уровень шума на рабочем месте – Повышенный уровень электромагнитных излучений – Недостаточная освещенность рабочей зоны – Отклонение параметров микроклимата в помещении – Опасный уровень напряжения в электрической цепи, замыкание которой может пройти через тело человека
4. Экологическая безопасность:	– Анализ негативного воздействия на окружающую природную среду: утилизация люминесцентных ламп, компьютеров и другой оргтехники
5. Безопасность в чрезвычайных ситуациях:	Возможные ЧС: пожары и взрывы, аварии на системах жизнеобеспечения населения, массовые инфекционные заболевания людей (эпидемии) Наиболее типичная ЧС: пожары.

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	
--	--

**Задание выдал консультант:**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент ООД	Мезенцева Ирина Леонидовна	-		

**Задание принял к исполнению студент:**

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-8Л61	Ижбульдин Руслан Ринатович		

## **9. СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ**

### **ВВЕДЕНИЕ**

Рассмотренным объектом исследования являются вал, его технологический процесс и приспособление для изготовления. В ходе разработки проводились: изучение базового технологического процесса, расчет припусков, расчет технологических размеров, расчет норм времени операций техпроцесса, подбор оборудования.

Выпускная квалификационная работа содержит основные разделы: технологический, конструкторский, финансового менеджмента, ресурсоэффективности и ресурсосбережения, социальной ответственности. В технологической части разработан маршрут изготовления детали, произведен расчет припусков на обработку, выбрано оборудование, измерительный и режущий инструмент. В конструкторской части разработано специальное пневматическое зажимное приспособление для фрезерной операции. Рассчитаны силы резания и усилие зажима заготовки в приспособлении. В разделе финансового менеджмента, ресурсоэффективности и ресурсосбережения выполнен расчет бюджета по составлению технологического процесса изготовления детали «Вал», затраты на возможную реализацию техпроцесса. В части социальная ответственность разработано производственная безопасность. Проведен анализ выявленных опасных и вредных факторов при разработке проектируемого технологического процесса, экологическая безопасность, безопасность в чрезвычайных ситуациях, правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности.

#### **9.1. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности**

В данном подразделе ВКР рассмотрены специальные правовые нормы трудового законодательства, которые регламентируются № 197-ФЗ от 30.12.2001 «Трудовой кодекс РФ»; № 52-ФЗ «О санитарно-эпидемиологическом благополучии населения», № 69-ФЗ от 21.12.1994 «О



пожарной безопасности».

Так же рассмотрим статьи ТК РФ применимые в нашем случае:

Статья 21. Основные права и обязанности работника

Статья 86. Общие требования при обработке персональных данных работника и гарантии их защиты.

Статья 91. Понятие рабочего времени. Нормальная продолжительность рабочего времени.

Статья 131. Формы оплаты труда.

Статья 209. Основные понятия охраны труда.

Организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны согласно «ГОСТ 12.2.032-78 Рабочее место при выполнении работ сидя». Рабочее место и относительное расположение всех его элементов должны соответствовать антропометрическим, физическим и психологическим требованиям. Большое значение имеет также характер работы. В частности, при проектировании рабочего места должны соблюдаться следующие основные условия: оптимальное размещение оборудования, входящего в состав рабочего места, и достаточное рабочее пространство, позволяющее выполнять все необходимые перемещения. Основными элементами рабочего места и техники являются письменный стол и стул. Основное рабочее положение - это положение сидя.

Для повышения комфорта в процессе работы за ПЭВМ, следует соблюдать нормы и требования, которые изложены ГОСТ Р 50948-01. Средства отображения информации индивидуального пользования. Общие эргономические требования и требования безопасности.

## **9.2. Производственная безопасность**

В данном подразделе рассмотрены вопросы, связанные с организацией рабочего места в соответствии с нормами производственной санитарии, правилами техники безопасности и др.

Таблица 9.1. – Опасные и вредные факторы при разработке технологического процесса изготовления детали «Вал».

Факторы (ГОСТ 12.0.003-2015)	Этапы работ	Нормативные документы
	Разработка	
1. Повышенный уровень шума на рабочем месте	+	ГОСТ 12.1.003-2014 ССБТ. Шум. Общие требования безопасности. [15] ГОСТ 12.1.029-80 ССБТ. Средства и методы защиты от шума. Классификация. [16]
2. Повышенный уровень электромагнитных излучений	+	ГОСТ Р 50948-01. Средства отображения информации индивидуального пользования. Общие эргономические требования и требования безопасности. [17]
3. Недостаточная освещенность рабочей зоны	+	СП 52.13330.2016 Естественное и искусственное освещение. Актуализированная редакция СНиП 23-05-95*. [14]
4. Отклонение параметров микроклимата в помещении	+	ГОСТ 12.1.005-88 ССБТ. Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны. [18]
5. Опасный уровень напряжения в электрической цепи, замыкание которой может пройти через тело человека	+	ГОСТ 12.1.038-82 ССБТ. Электробезопасность. Предельно допустимые уровни напряжений прикосновения и токов. [19] ГОСТ 12.1.030-81 ССБТ. Электробезопасность. Защитное заземление, зануление. [20]

### 9.2.1. Анализ опасных и вредных факторов

Условия производства на рабочем месте характеризуются наличием ряда опасных и вредных факторов, которые классифицируются по группам элементов: физические, химические, биологические, психофизиологические.

**Шум** ухудшает условия, оказывая вредное воздействие на организм

человека. Работая в условиях длительного воздействия шума, испытываешь раздражительность, головные боли, усталость, боль в ушах и др. Такие нарушения в ряде органов и систем организма человека могут привести к негативному изменению эмоционального состояния человека вплоть до стресса. Под влиянием шума снижается концентрация внимания, нарушаются физиологические функции, возникает усталость из-за повышенных энергетических затрат и психического напряжения, ухудшение речевой составляющей. Все это снижает эффективность и производительность труда, качество и безопасность.

Основным источником шума в офисе являются вентиляторы блоков питания компьютера. Уровень шума составляет от 35 дБ. По ГОСТ 12.1.003-2014 ССБТ. Шум. Общие требования безопасности. при выполнении основной работы на компьютере уровень шума на рабочем месте не должен превышать 50 дБА. Для снижения уровня шума стены и потолок помещения, в котором находятся компьютеры, могут быть облицованы звукопоглощающими материалами.

**Электромагнитное излучение.** Большинство ученых считают, что как короткое, так и длительное воздействие всех видов излучения от монитора не опасно для здоровья персонала, эксплуатирующего машины. Однако исчерпывающих данных о риске радиационного облучения от мониторов при работе с компьютерами не существует, и исследования в этом направлении продолжаются.

Допустимые значения параметров неионизирующего электромагнитного излучения с монитора компьютера представлены в таблице 9.2. (ГОСТ Р 50948-01. “Средства отображения информации индивидуального пользования. Общие эргономические требования и требования безопасности”, п.6.2). Максимальный уровень рентгеновского излучения на рабочем месте оператора компьютера обычно не превышает 10 мкбер/ч, а интенсивность ультрафиолетового и инфракрасного излучения с экрана монитора лежит в пределах 10...100 Вт/м<sup>2</sup>, что соответствует

безопасному для здоровья и жизни уровню.

Таблица 9.2. Допустимые значения параметров неионизирующего электромагнитного излучения [17]

Наименование параметров		ВДУ
Плотность магнитного потока	в диапазоне частот 5 Гц – 2 кГц	250 нТл
	в диапазоне частот 2 кГц – 400 кГц	25 нТл
Электростатическое поле		15 кВ/м

Для снижения воздействия этих видов излучения рекомендуется использовать мониторы с низким уровнем излучения (MPR-II, TCO-92, TCO-99), устанавливать защитные экраны и соблюдать регламентированные режимы работы и отдыха.

**Недостаточная освещенность рабочей зоны.** Недостаточное освещение вызывает напряжение глаз, ослабляет внимание, приводит к наступлению преждевременной усталости. Чрезмерно яркое освещение вызывает блики, раздражение и боль в глазах. Все эти и другие причины могут привести к несчастному случаю или профессиональным заболеваниям, отсюда и важность правильного расчета освещенности.

Существует три вида освещения - естественное, искусственное и комбинированное (естественное и искусственное).

Согласно СП 52.13330.2016 Естественное и искусственное освещение. Актуализированная редакция СНиП 23-05-95\* в помещениях с компьютерами требуется применить комбинированную систему освещения.

Освещенность рабочего места по разработке технологического процесса изготовления детали «Вал» должна быть не менее 200÷500 лк (по СП 52.13330.2016).

При выполнении высокой визуальной точности (наименьший размер объекта различают в пределах 0,3...0,5 мм) коэффициент естественного освещения (КЕО) не должен быть ниже 1,5%, когда средняя точность визуальной работы (наименьший размер объекта различают в пределах 0,5...1,0 мм) КЕО не должна быть ниже 1,0%. В качестве источников

искусственного света обычно используются люминесцентные лампы типа LB или DRL, которые попарно объединяются в лампы, которые должны располагаться над рабочими поверхностями равномерно.

Требования к освещению в помещениях с компьютерами следующие: при выполнении визуальных работ высокой точности общее освещение должно быть LC, а комбинированное - LC; аналогичные требования при выполнении работ средней точности - 200 и LC соответственно. Кроме того, все поле зрения должно быть равномерно освещено - это основное гигиеническое требование.

**Отклонение параметров микроклимата в помещении.** Принцип нормализации микроклимата заключается в создании оптимальных условий для теплообмена организма человека с окружающей средой.

Компьютерная техника является источником значительного тепла, что может привести к повышению температуры и снижению относительной влажности в помещении. Помещения должны соответствовать определенным параметрам микроклимата. ГОСТ 12.1.005-88 ССБТ. Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны, регулирует значения параметров микроклимата, создавая комфортные условия.

Таблица 9.3. - Оптимальные параметры микроклимата [18]

Период года	Категория работы	Температура воздуха, °С	Температура поверхностей, °С	Относительная влажность, %	Скорость движения воздуха, м/с
Холодный	Средняя	17-19	16-20	60-40	0,2
Теплый	Средняя	19-21	18-22	60-40	0,2

**Поражение электрическим током.** К опасным факторам можно отнести наличие в помещениях большого количества оборудования, использующего однофазный электрический ток напряжением 220 В и частотой 50 Гц. Опасность поражения электрическим током при работе относится к помещениям без повышенного риска. При нормальной работе

оборудования опасность поражения электрическим током невелика, однако возможны режимы, называемые аварийными, когда происходит случайное электрическое соединение деталей под напряжением с заземленными конструкциями.

Поражение электрическим током или электрической дугой может произойти в следующих случаях: при прикосновении к токоведущим частям во время ремонта ПК, однофазное (однополюсное) прикосновение в случае повреждения изоляции, при контакте с полом и стенами, находящимися под напряжением, при возможном коротком замыкании в высоковольтных блоках: блоке питания, мониторе, сканере. Основными мерами по обеспечению электробезопасности являются: изоляция (ограждение) токоведущих частей, исключающая возможность случайного контакта с ними, установка заземления, наличие общего переключателя, своевременный осмотр технического оборудования, теплоизоляции.

### **9.3. Обоснование мероприятий по снижению уровней воздействия опасных и вредных факторов**

В качестве мер по снижению шума можно предложить следующее: облицовка потолка и стен звукопоглощающим материалом (снижает шум на 6-8 дБ); экранирование рабочего места (поднятие стен, диафрагм); установка в помещениях компьютерного оборудование, производящего минимальный шум; рациональная планировка помещения. Защита от шума должна выполняться в соответствии с ГОСТ 12.1.003-2014 ССБТ. «Шум. Общие требования безопасности», а также звукоизоляция корпусов должны соответствовать требованиям СП 51.13330.2011 «Защита от шума».

При защите от внешнего излучения, возникающего при работе с дисплеем, выполняются следующие действия: согласно ГОСТ Р 50948-01. «Средства отображения информации индивидуального пользования. Общие эргономические требования и требования безопасности». А также согласно ТОО Р-45-048-97 «Типовая инструкция по охране труда при работе на персональных электронно-вычислительных машинах» для оптимального

самочувствия и поддержания здоровья во время рабочей смены должны быть установлены регулируемые перерывы – при 8-часовом рабочем дне продолжительностью 15 минут каждый час, продолжительность обеденного перерыва определяется Законодательством о труде и правилами внутреннего трудового распорядка организации.

Правильное проектирование освещения помещений, установка местного освещения. Местное освещение не должно создавать бликов, для этого необходимо ограничить отраженную блёскость на рабочих поверхностях за счет правильного выбора и расположения светильников, яркость бликов на экране не должна превышать 40 кд/м<sup>2</sup>. Светильники местного освещения должны иметь непросвечивающий отражатель.

Для поддержания нужных параметров микроклимата и обеспечения комфортных условий используются как организационные методы (рациональная организация работы в зависимости от времени суток и года, чередование работы и отдыха), так и техническое оснащение (вентиляция, кондиционирование, система отопления).

Технические пути и средства электробезопасности: поскольку все токоведущие части компьютера изолированы, случайный контакт с токоведущими частями исключен, однако для обеспечения защиты от поражения электрическим током при прикосновении к металлическим деталям, которые могут находиться под напряжением в результате повреждения изоляции, рекомендуется использовать защитное заземление.

Организационные мероприятия по обеспечению электробезопасности: основной организационной деятельностью является инструктаж и обучение безопасным методам работы, а также проверка знаний правил и инструкций по технике безопасности в соответствии с занимаемой должностью по отношению к выполняемой работе.

#### **9.4. Экологическая безопасность**

Рассмотрим загрязнения литосферы в результате исследовательской деятельности бытовым мусором, на примере люминесцентных ламп. Их

эксплуатация требует осторожности и четкого выполнения инструкции по обращению с данным отходом (код отхода 35330100 13 01 1, класс опасности – 1). В данной лампе содержится опасное вещество ртуть в газообразном состоянии. При не правильной утилизации, лампа может разбиться и пары ртути могут попасть в окружающую среду. Вдыхание паров ртути может привести к тяжелому повреждению здоровья.

При перегорании ртутьсодержащей лампы (выходе из строя) её замену осуществляет лицо, ответственное за сбор и хранение ламп (обученное по электробезопасности и правилам обращения с отходом). Отработанные люминесцентные лампы сдаются только на полигон токсичных отходов для захоронения. Запрещается сваливать отработанные люминесцентные лампы с мусором.

Бытовой мусор помещений организаций несортированный, образованный в результате деятельности работников предприятия (код отхода 91200400 01 00 4). Агрегатное состояние отхода твердое; основные компоненты: бумага и древесина, металлы, пластмассы и др. Для сбора мусора рабочее место оснащается урной. При заполнении урны, мусор выносится в контейнер бытовых отходов. Предприятие заключает договор с коммунальным хозяйством по вывозу и размещению мусора на организованных свалках.

#### **9.5. Безопасность в чрезвычайных ситуациях**

Пожар может привести к очень неблагоприятным последствиям (потеря ценной информации, материальный ущерб, гибель людей и т.д.), поэтому необходимо выявить и устранить все причины пожара; разработать план мероприятий по ликвидации пожара в здании; план эвакуации людей из зданий.

Причинами пожара могут быть: токи короткого замыкания, электрические перегрузки, искрение в местах плохих контактов при соединении проводов, курение в неположенных местах.

Обоснование мероприятий по предотвращению ЧС и разработка



порядка действия в случае возникновения ЧС

Пожарная безопасность объекта должна обеспечиваться системами предотвращения пожара и противопожарной защиты, в том числе организационно-техническими мероприятиями. Пожарная защита должна обеспечиваться применением средств пожаротушения, а также применением автоматических установок пожарной сигнализации.

Должны быть приняты следующие меры противопожарной безопасности: обеспечение эффективного удаления дыма, т.к. в помещениях, имеющих оргтехнику, содержится большое количество пластиковых веществ, выделяющих при горении летучие ядовитые вещества и едкий дым; обеспечение правильных путей эвакуации; наличие огнетушителей и пожарной сигнализации; соблюдение всех противопожарных требований к системам отопления и кондиционирования воздуха.

Для тушения пожаров необходимо применять углекислотные (ОУ-5 или ОУ-10) и порошковые огнетушители (например, типа ОП-10), которые обладают высокой скоростью тушения, большим временем действия, возможностью тушения электроустановок, высокой эффективностью борьбы с огнем. Помещение оборудовано пожарными извещателями, которые позволяют оповестить дежурный персонал о пожаре. В качестве пожарных извещателей в помещении устанавливаются дымовые фотоэлектрические извещатели типа ИДФ-1 или ДИП-1.

Выведение людей из зоны пожара должно производиться по плану эвакуации. План эвакуации представляет собой заранее разработанный план (схему), в котором указаны пути эвакуации, эвакуационные и аварийные выходы, установлены правила поведения людей, порядок и последовательность действий в условиях ЧС по ГОСТ Р 12.2.143-2009.

Согласно правилам пожарной безопасности, в Российской Федерации ППБ 01-2003 (п. 16) в зданиях и сооружениях (кроме жилых домов) при одновременном нахождении на этаже более 10 человек должны быть разработаны и на видных местах вывешены планы (схемы) эвакуации людей в

[illegible]

## Вывод по разделу

А также рассмотрены правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности, в соответствии с Трудовым кодексом, санитарно-эпидемиологическими правилами и нормативами (СанПиН), а также другими правовыми документами.

Выявлены предполагаемые источники загрязнения окружающей среды при разработке технологического процесса изготовления детали «Вал». Приведен краткий анализ возможных чрезвычайных ситуаций, выявивший вероятные ситуации на объекте, а именно: пожар.

## **Заключение**

В данной выпускной квалификационной работе был спроектирован и разработан технологический процесс механической обработки детали входного вала редуктора.

В ходе проектирования была изучена конструкция детали и ее назначении, а также произведен подбор оборудования.

В процессе выполнения ВКР проведен анализ исходных данных, определен тип производства, составлен технологический маршрут обработки детали. Выбраны режущий и измерительный инструмент и приспособления.

В ходе работы были проанализированы сильные и слабые стороны, а также угрозы и возможности, также было выяснено, что разработка конкурентоспособна и перспективна. Были рассмотрены вопросы, связанные с организацией рабочего места при разработке технологического процесса изготовления детали «Вал», созданные оптимальные нормы для улучшения условий труда, обеспечена производственная безопасность человека, повышена его производительность, а также охраны окружающей среды.

## Список литературы

1. Справочник технолога-машиностроителя. В 2-х т. Т. 2 /Под ред. А.Г. Косиловой и Р.К. Мещерякова. — 4-е изд., перераб. и доп.— М.: Машиностроение, 1985. 496 с.
2. Мягков В.Д., Палей М.А., Романов А.Б., Брагинский В.А. Допуски и посадки. Справочник. В 2-х ч. Том 2. – Л.: Машиностроение, 1983. – 448 с.
3. Скворцов В.Ф. Основы размерного анализа технологических процессов изготовления деталей: Учебное пособие. – Томск: Изд. ТПУ, 2006. – 100 с.
4. Горбачев А.Ф., Шкред В.А. Курсовое проектирование по технологии машиностроения. – М.: ООО ИД «Альянс», 2007. – 256 с.
5. Прогрессивные режущие инструменты и режимы резания металлов: Справочник / Баранчиков В.И., Жаринов А.В., Юдина Н.Д., Садыхов А.И. и др.; Под общ. ред. В.И. Баранчикова. – М.: Машиностроение, 1990.
6. Анурьев В.И. Справочник конструктора машиностроителя: В 3 т. Т. 1. – М.: Машиностроение, 2001. – 920 с.: ил.
7. Справочник инструментальщика /И.А. Ординарцев, Г.В. Филлипов, А.Н. Шевченко и др., Под общей редакцией И.А.Ординарцева.-Л.: Машиностроение. Ленингр. Отделение .1987. -846 с.
8. Дипломная работа. Методические указания / В. Н.Козлов; Томский политехнический университет (ТПУ). — Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2015.
9. Материал резания и режущий инструмент: учебное пособие / С. В. Кирсанов. (<http://www.lib.tpu.ru/fulltext2/m/2014/m261.pdf>)
10. Технология машиностроения, часть 1: учебное пособие / В. Н.Козлов; Томский политехнический университет (ТПУ). — Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2002.
11. Технология машиностроения, часть 2: учебное пособие / В. Н.Козлов; Томский политехнический университет (ТПУ). — Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2003.
12. Методические указания к выполнению раздела «Финансовый

менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение» выпускной квалификационной работы для студентов, обучающихся по направлению подготовки бакалавров 15.03.01 «Машиностроение».

13. Методические указания по разработке раздела «Социальная ответственность» ВКР бакалавра всех направлений (специальностей) и форм обучения ТПУ/Сост. Е.Н. Пашков, А.И. Сечин, И.Л. Мезенцева – Томск: Изд-во ТПУ, 2020. – 24 с.

14. СП 52.13330.2016 Естественное и искусственное освещение. Актуализированная редакция СНиП 23-05-95\*.

15. ГОСТ 12.1.003-2014 ССБТ. Шум. Общие требования безопасности.

16. ГОСТ 12.1.029-80 ССБТ. Средства и методы защиты от шума. Классификация.

17. ГОСТ Р 50948-01. Средства отображения информации индивидуального пользования. Общие эргономические требования и требования безопасности.

18. ГОСТ 12.1.005-88 ССБТ. Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны.

19. ГОСТ 12.1.038-82 ССБТ. Электробезопасность. Предельно допустимые уровни напряжений прикосновения и токов.

20. ГОСТ 12.1.030-81 ССБТ. Электробезопасность. Защитное заземление, зануление.

**Приложение А**  
**(обязательное)**  
**Чертёж детали**

КМЛАС-30181 Учетная версия © 2019 ООО "АКОН-Системы проектирования", Россия Все права защищены

10'00'00'9001.91/8E-11НПТИ

Перв. примен.

Справ. №

Подп. и дата

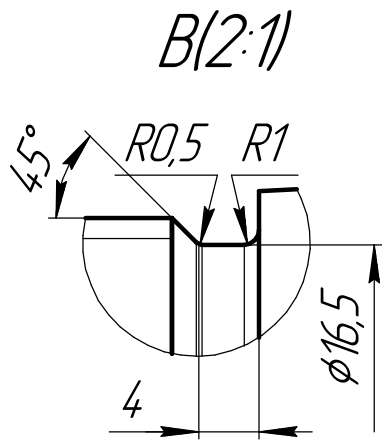
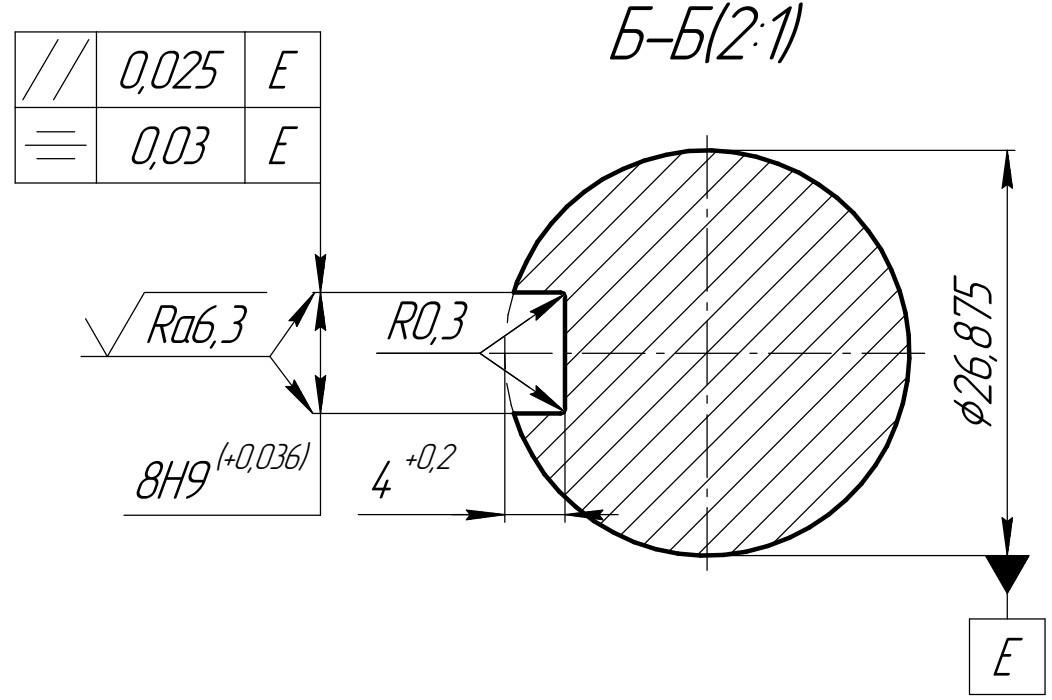
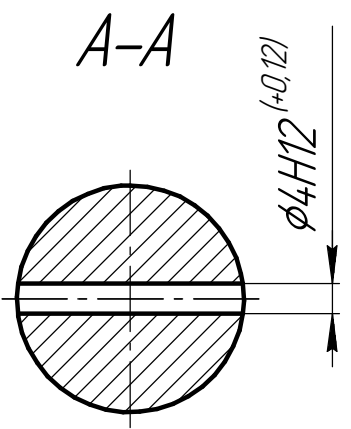
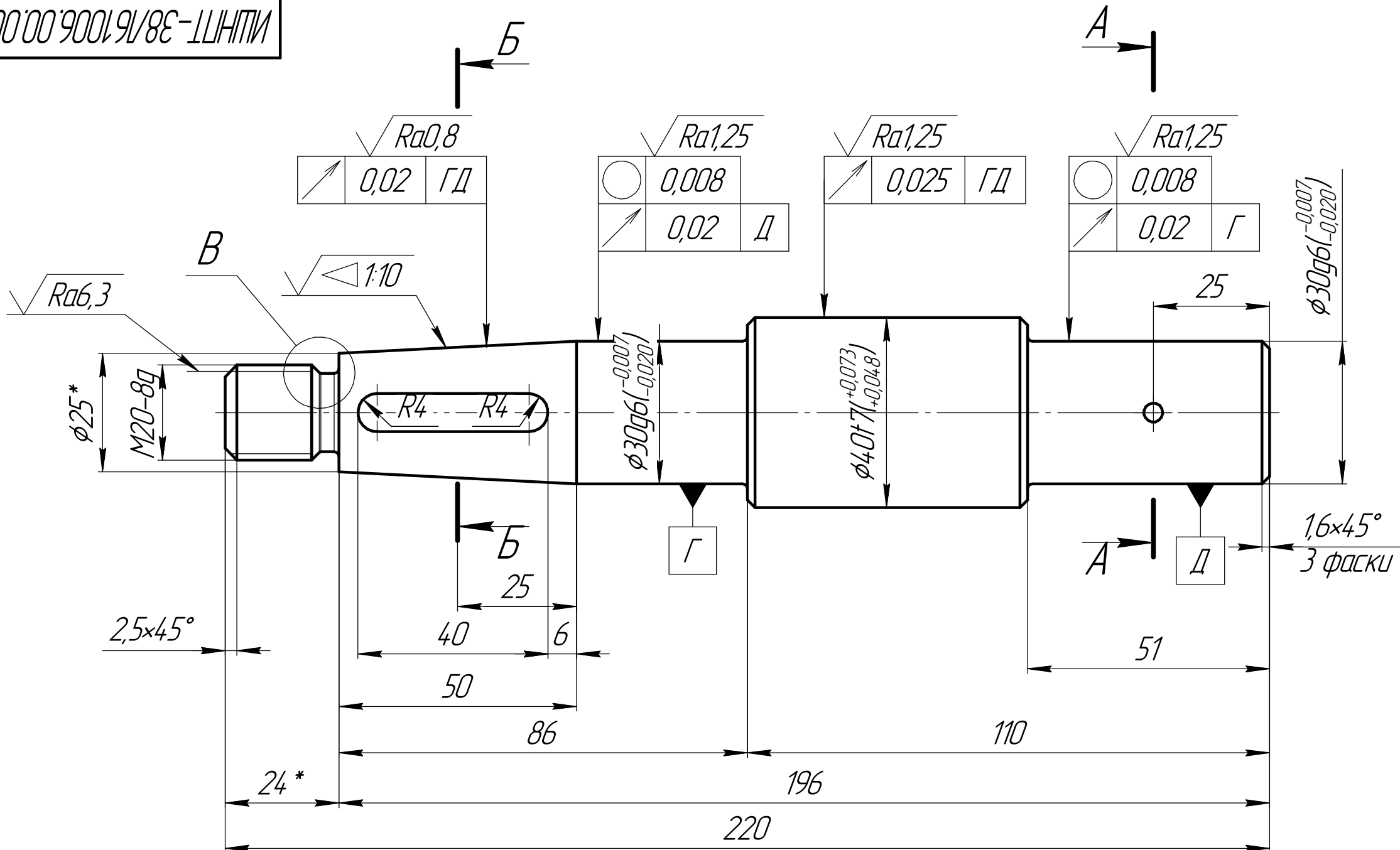
Взам. инв. №

Подп. и дата

Инв. № подл.

Не для коммерческого использования

$\sqrt{Ra10}$  (✓)



- 1 HRC: 42 ... 46.
- 2 \* Размеры для справок.
- 3 Неуказанные предельные отклонения размеров: H14, h14,  $\pm \frac{IT14}{2}$ .
- 4 Неуказанные размеры радиусов не более 1 мм.

					ИШНПТ-38/161006.00.00.01				
					Вал	Лит.		Масса	Масштаб
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата				1,33	1:1
Разраб.	Ижбульдин Р.Р.								
Пров.	Козлов В.Н.								
Т.контр.									
						Лист		Листов 1	
Н.контр.					Сталь 40X ГОСТ 4543-2016	ТПУ 3-8/161			
Утв.									

Копировал

Формат А3

**Приложение Б**  
**(обязательное)**  
**Чертеж исходной заготовки**



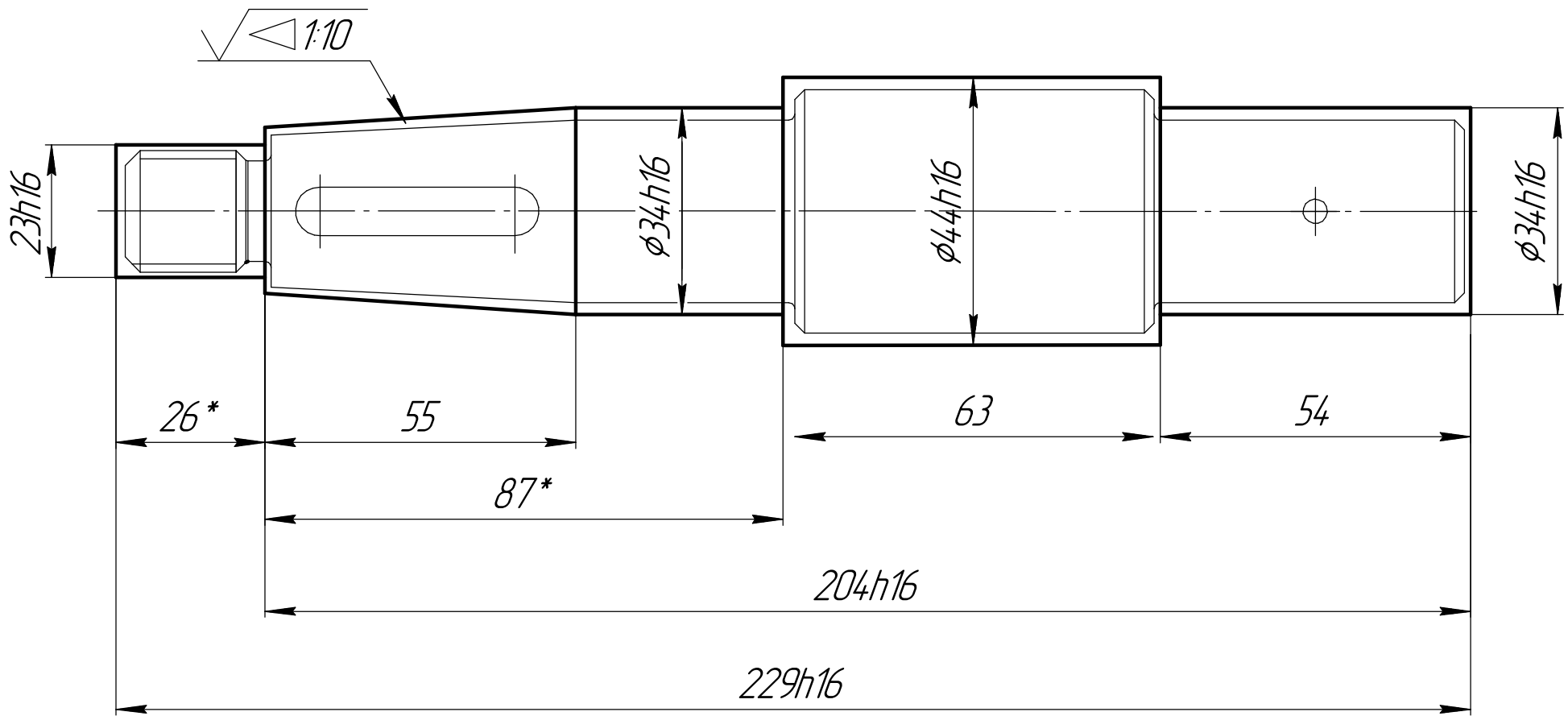
КМЛАС-ЭП 181 Учетная версия © 2019 ООО "АКОН-Системы проектирования", Россия Все права защищены

Справ. №	Перв. примен.

Изм. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №	Инв. № дубл.	Подп. и дата

ИШНПТ-38/161006.00.00.02

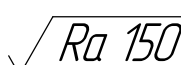
✓ Ra150 (✓)



1 \* Размеры для справок.  
2 Неуказанные предельные отклонения размеров: H16, h16,  $\pm \frac{IT16}{2}$ .

					ИШНПТ-38/161006.00.00.02				
					Штампованная заготовка	Лит.	Масса	Масштаб	
Изм./Лист	№ докум.	Подп.	Дата					1:1	
Разраб.	Ижидильдин Р.Р.								
Пров.	Козлов В.Н.								
Т.контр.						Лист	Листов	1	
Н.контр.					Сталь 40X ГОСТ 4543-2016	ТПУ 3-8/161			
Утв.									

**Приложение В**  
**(обязательное)**  
**Карта технологического процесса**



Томский Политехнический университет

### Схема технологического процесса

Amend

## Материал

Номер, отметка

Сталь 40Х  
ГОСТ 4543-2016

Код единицы	количества
-------------	------------

Магса  
деманей, кз

## Заготовка

*Kod u Bud*

Размеры  
профиля

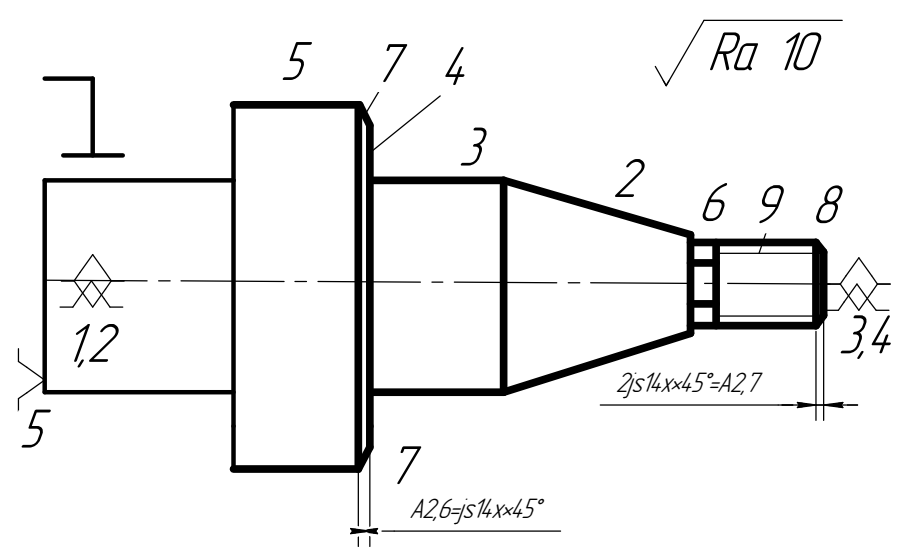
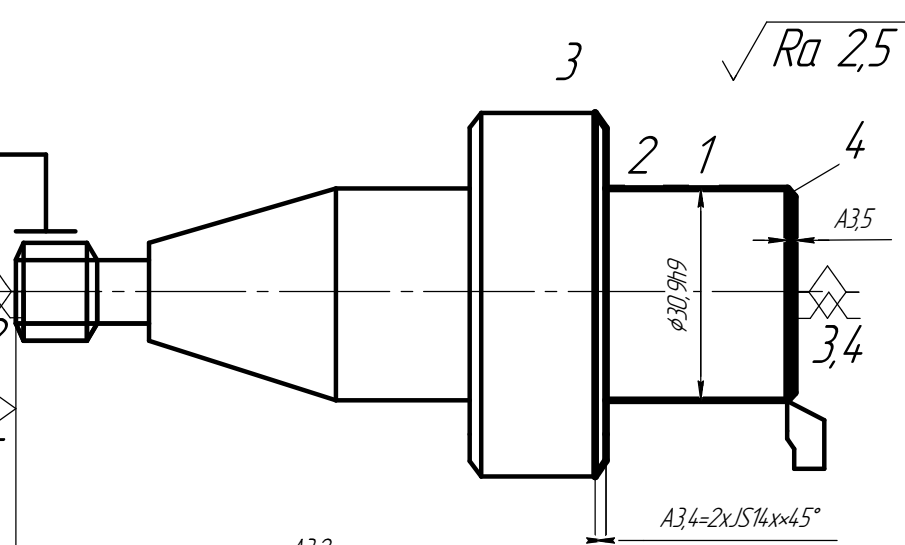
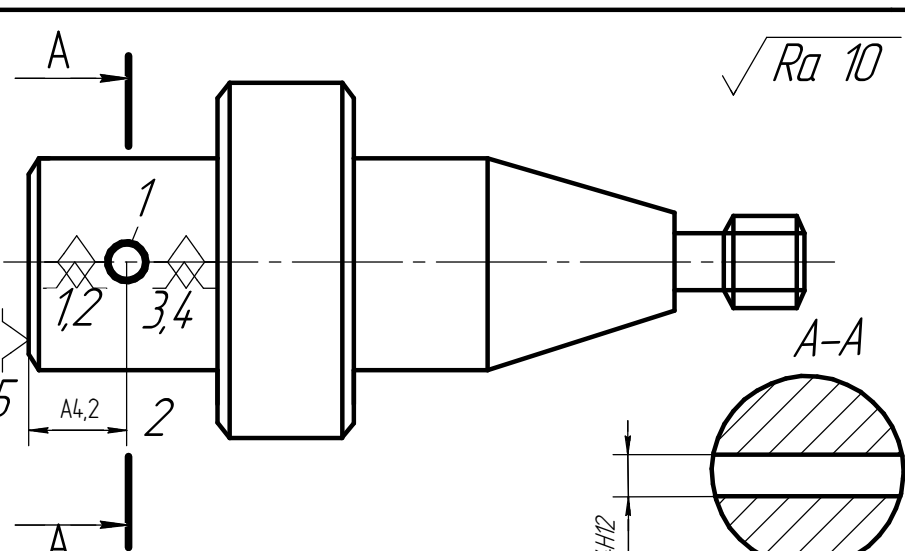
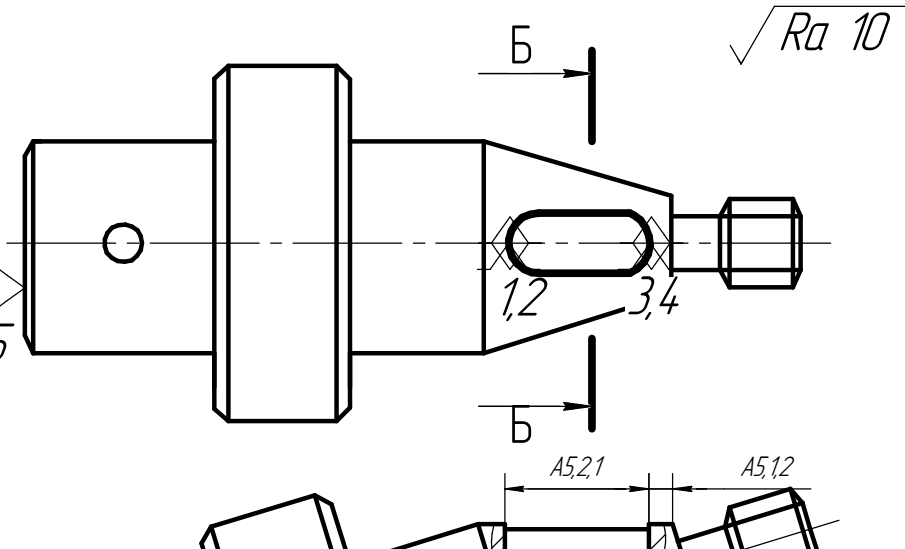
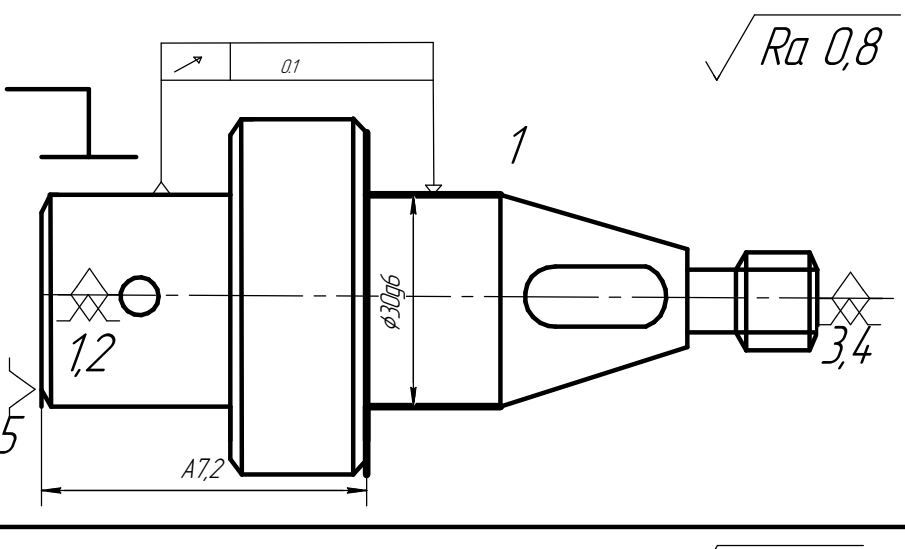
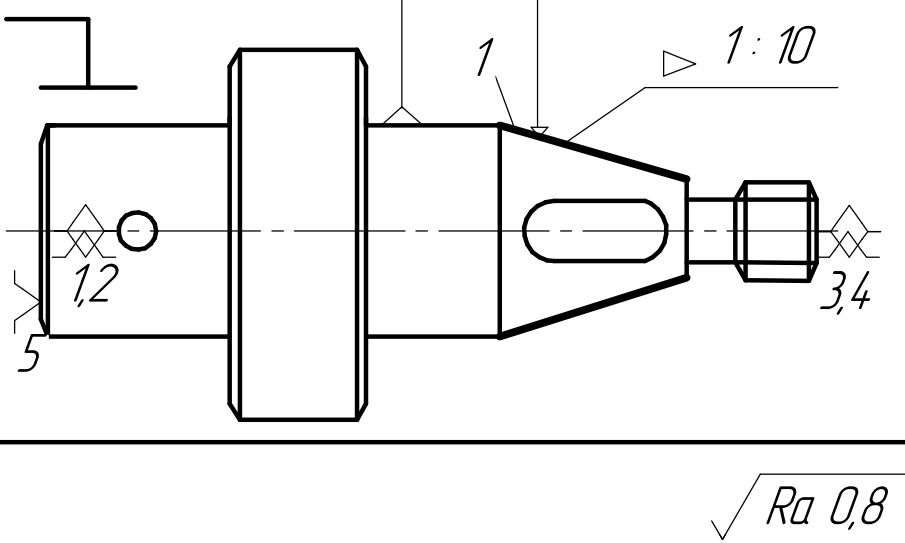
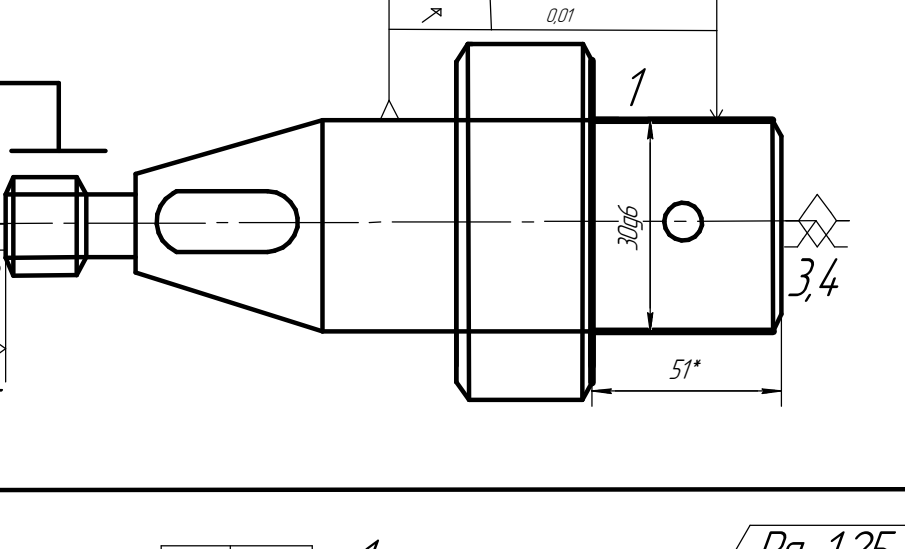
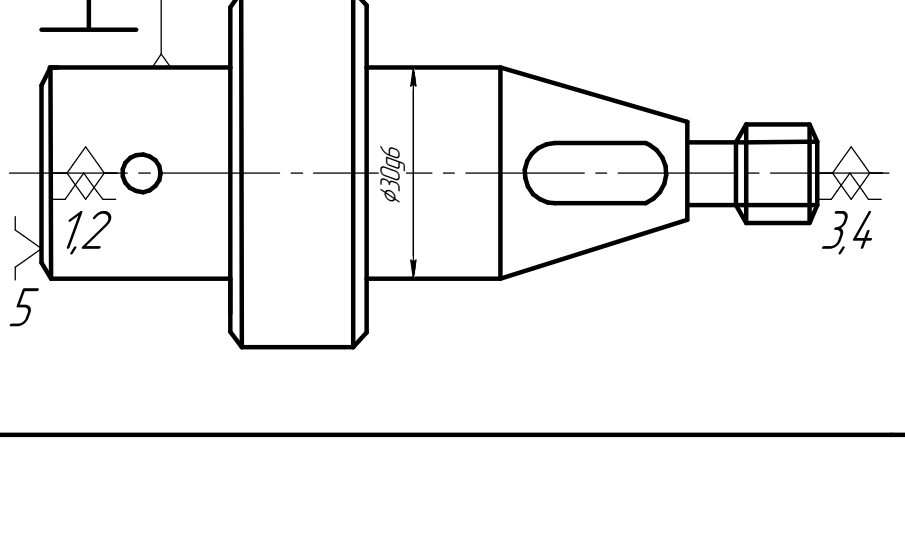
Год-ой	
Выпуск	

10000

Токарно-винторезный станок 16К20ФЗ

Копировал

Формат А1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
	7	Нарезать резьбу 9 М20-8g резьбовым резцом на проход Снять заготовку		Токарно-винторезный станок 16К20ФЗ		Резец резьбовой 2660-0001 Т15К6 наружный ГОСТ 18885-73	Капиль-кольцо М20х15 пр-НЕ ГОСТ 24997-2004		5	30	24	0,331	0,32		1600	176	0,11				ИШНПТ-38/161006.001
3	1 2 3 4 5 6	Токарная обработка Захват заготовку Обработать поверхность 1 d3,2h12 и поверхность 2. Обработать поверхность 1 d3,3h9 Обработать фаску 3 Обработать фаску 4 Снять заготовку		Токарно-винторезный станок 16К20ФЗ	Центра Хомутик	Резец 2102-0055 Т15К6 ГОСТ 18877-73	Обработать поверхность в другую сторону вытравить проходом (шарошатасть)		1	27	51	195	0,5		1600	176	0,068				
4	1 2 3	Вертикально-сверлильная Установить, закрепить заготовку, закрепить кондуктор. Простерлить отверстие 1 на проход, выдерживая размер 2. Снять заготовку		Вертикально-сверлильный станок 2Н125	Кондуктор	Сверло Ø4 Р6М5 ГОСТ 10903-77	Штангенциркуль ШЦ I-125-0,1 ГОСТ 166-89 Капиль-продка глад 4,0 Н12 пр-НЕ ГОСТ 21401-75		1	4,5	30,7	80	$S_{зад} = 0,007 \text{ мм/л}$ $S_{пр} = 0,022 \text{ мм/л}$		1000	25,12	0,375				
5	1 2	Фрезерование Установить и закрепить заготовку Обработать шпоночный паз, согл. разреза Б-Б		Универсальный фрезерный ФУ251	Призма	Фреза шпоночная 4,0х39х7мм Р6М5 ГОСТ 940-78	Штангенциркуль ШЦ I-125-0,1 ГОСТ 166-89 Шаблон радиусные		1	8,0	31	80	$S_{зад} = 0,007 \text{ мм/л}$ $S_{пр} = 0,022 \text{ мм/л}$		1000	25,12	0,375				
6		Термическая операция Закалить и отпустить до НRC 42...46																			
7	1 2	Круглошлифовальная Установить и закрепить заготовку Обработать поверхность 1 d7,2		Круглошлифовальный станок полуавтомат 3А151	Центра Хомутик	Микрометр МК50-1 ГОСТ 6507-90			11	Ø200	50,5	0,331	$S_{пр} = 5 \text{ мм/л/ев}$		2350	1683(28м/л)	0,225				
8	А 1 2	Круглошлифовальная Закрепить заготовку Шлифовать поверх. 1 предварительно Шлифовать поверх. 1 окончательно		Круглошлифовальный станок полуавтомат 3А151	Центра Хомутик	Штангенциркуль ШЦ I-125-0,05 ГОСТ 166-89			13	Ø200	50	0,5	$S_{пр} = 5 \text{ мм/л/ев}$		1670	1048 (17,5м/л)	0,832				
9	А 1 2	Круглошлифовальная Закрепить заготовку Шлифовать поверх. 1 предварительно. Шлифовать поверх. 1 окончательно.		Круглошлифовальный станок полуавтомат 3А151	Центра Хомутик	Микрометр МК50-1 ГОСТ 6507-90			1	Ø250	51	0,436	$S_{пр} = 5 \text{ мм/л/ев}$		1670	1048 (17,5м/л)	0,704				
10	1 2	Круглошлифовальная Установить и закрепить заготовку. Шлифовать поверх. 1 на проход.		Круглошлифовальный станок полуавтомат 3А151	Центра Хомутик				1	Ø250	40	0,436	$S_{пр} = 5 \text{ мм/л/ев}$		1670	1048 (17,5м/л)	0,704				
11		Контрольная операция Контролировать параметры детали согласно чертежу																			
<div>ИШНПТ-38/161006.001</div> <div>Лист 2</div>																					

**Приложение Г**  
**(обязательное)**

**Граф технологических размеров и комплексная схема обработки**

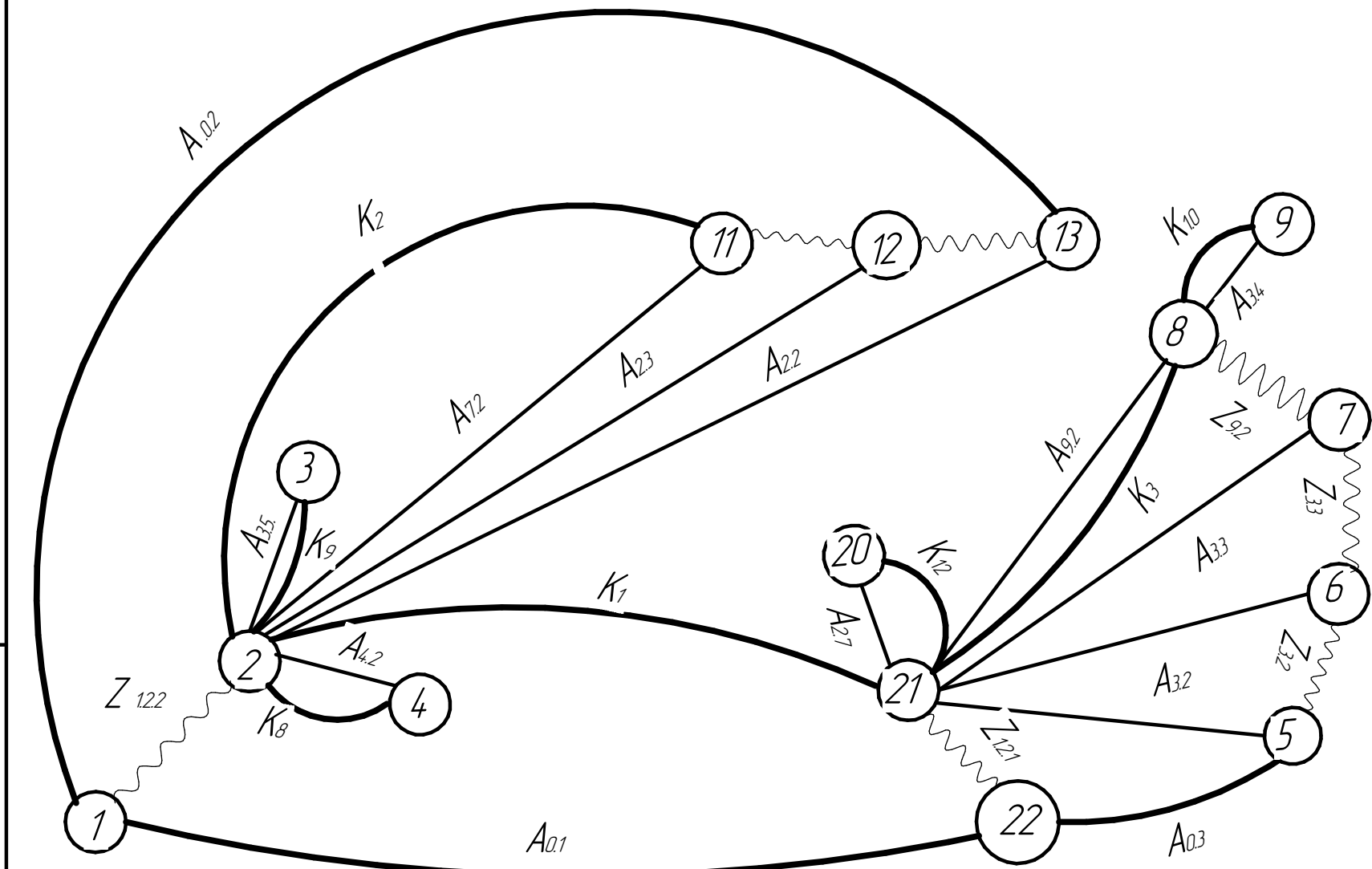
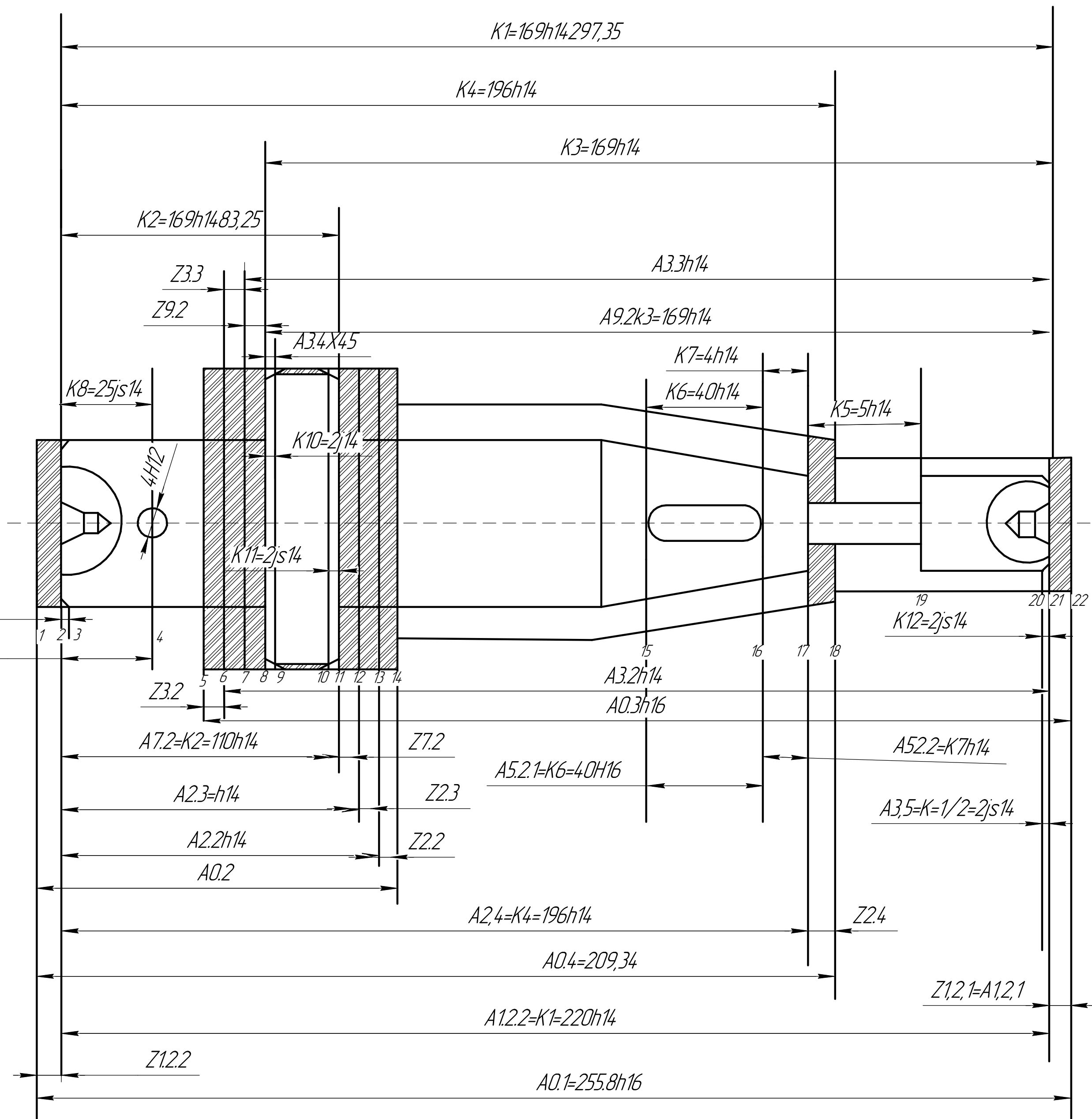
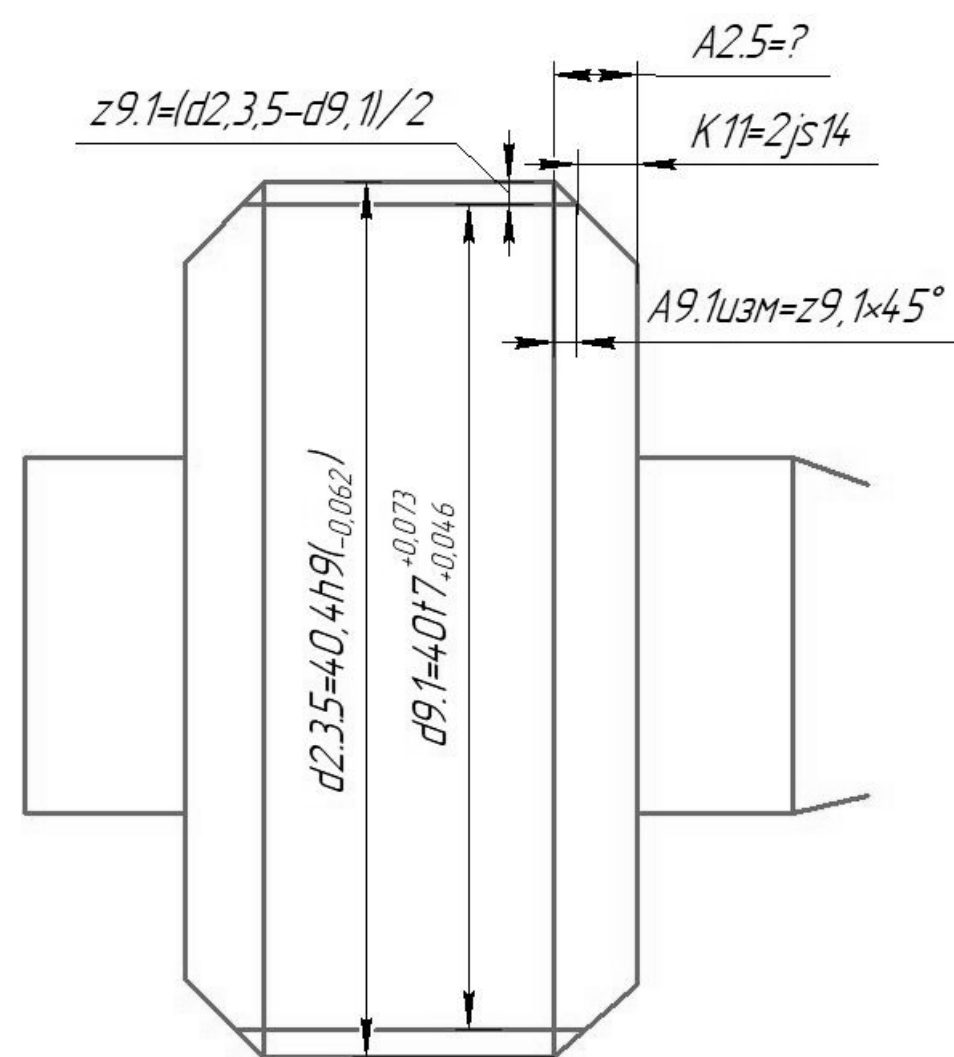
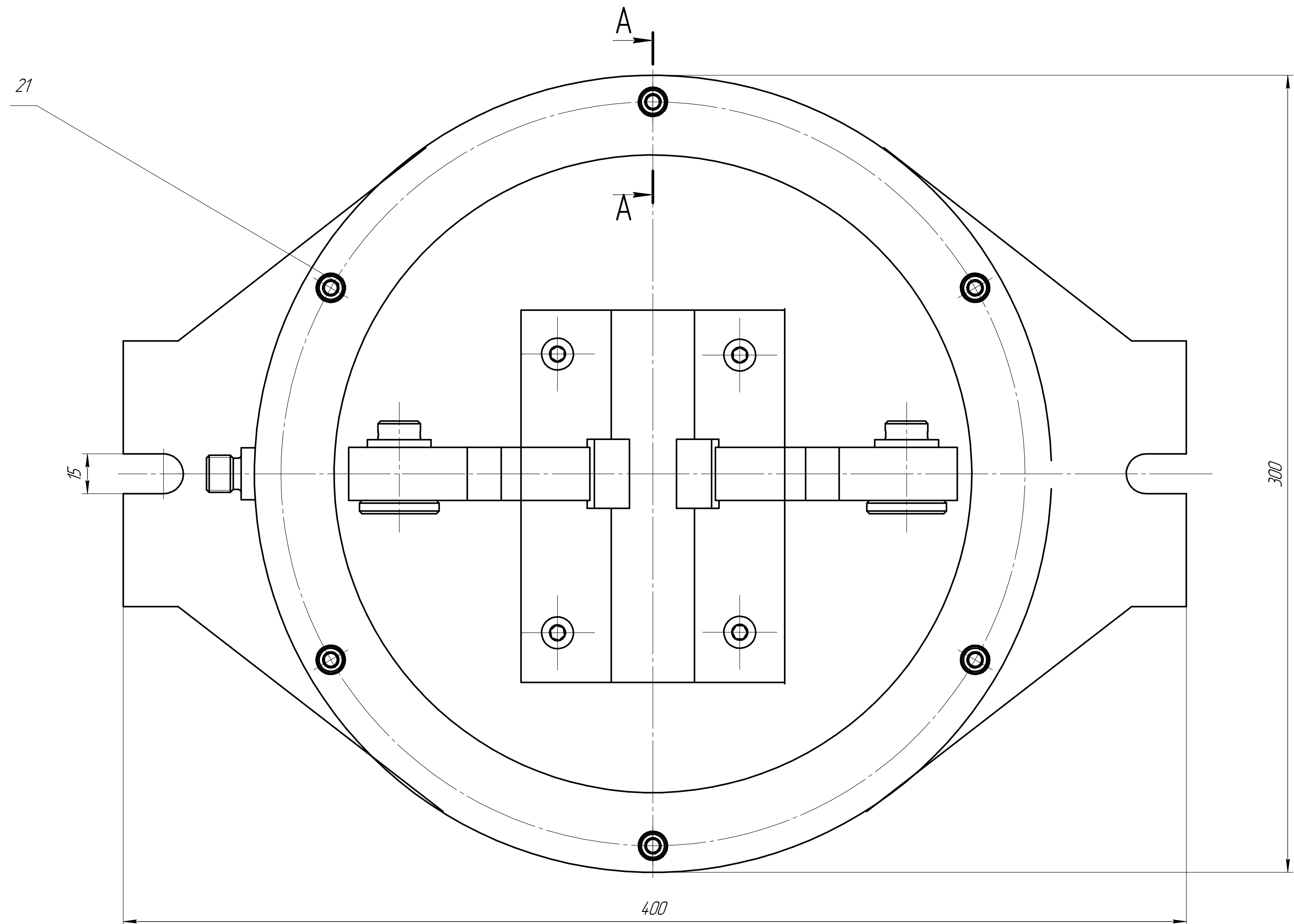
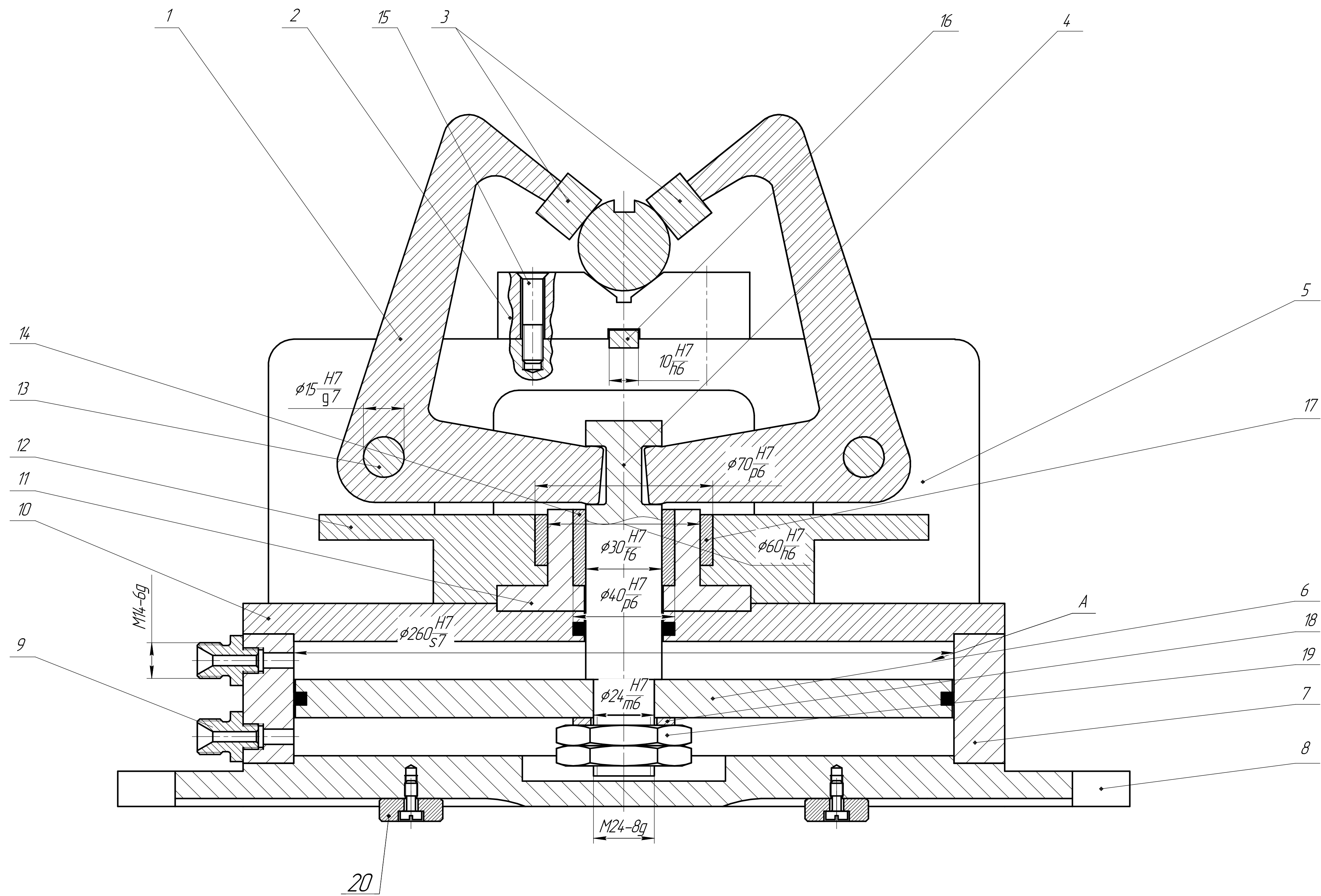


График обработки детали вала

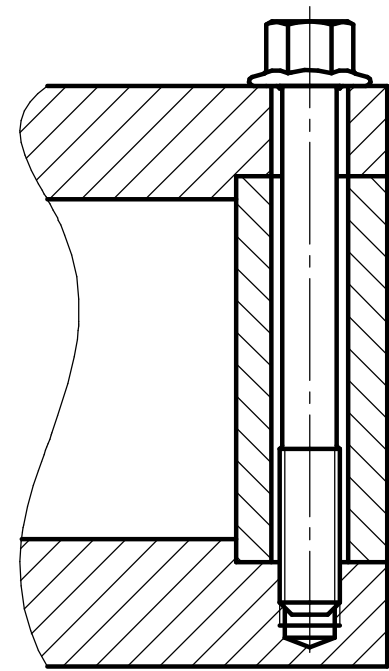


ИШНПТ-38/16 1006.002				Лист	Масса	Масштаб
Изм./лист	№ докум.	Подп.	Дата	Граф технологических размеров и комплексная схема обработки детали		
Разраб.	Исх. №	Подп.	Дата			
Проб.	Копия №	Подп.	Дата	1:1		
Т.контр.				Лист	Листов	1
Н.контр.				ТПУ гр. 3-8/161		
Утв.				Копировал		
				Формат А2		

**Приложение Д**  
**(обязательное)**  
**Сборочный чертеж приспособления**



A-A



1. Допустимая сила захвата 30Н.  
2. Допустимая перпендикулярность относительно рабочих поверхностей нижних губок опорной поверхности инструмента - 0,03 мм.  
3. Поступательное (возвратно-поступательное) движение цилиндра пневматического штока должно быть плавным, без заклинивания в полости.  
4. Геометрия должна быть обеспечена в соответствии с ТУ 256 327.  
5. Эталон измерения.

ИШНПТ-38/161006.00.00.03 СБ				Лист			Масса	Максимум
Пневматический захват				4,359			11	
Сталь 10 ГОСТ 1050-88				ТУ			ГРЗ-8/161	
				Копировать			Формат	А0



**Приложение Е**  
**(обязательное)**  
**Спецификация сборочного чертежа приспособления**

Перв. примен.		Формат	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание
						Документация		
		АО			ИШНПТ-38/161006.00.00.03 СБ	Сборочный чертеж		
						Детали		
				1	ИШНПТ-38/161006.00.00.03.01	Прижим	2	
				2	ИШНПТ-38/161006.00.00.03.02	Призма	1	
				3	ИШНПТ-38/161006.00.00.03.03	Прижимные кулачки	2	
				4	ИШНПТ-38/161006.00.00.03.04	Шток поршня	1	
				5	ИШНПТ-38/161006.00.00.03.05	Опора призмы	1	
				6	ИШНПТ-38/161006.00.00.03.06	Поршень	1	
				7	ИШНПТ-38/161006.00.00.03.07	Корпус	1	
				8	ИШНПТ-38/161006.00.00.03.08	Плита основание	1	
				9	ИШНПТ-38/161006.00.00.03.09	Штуцер	2	
				10	ИШНПТ-38/161006.00.00.03.10	Крышка корпуса	1	
				11	ИШНПТ-38/161006.00.00.03.11	Стакан	1	
				12	ИШНПТ-38/161006.00.00.03.12	Комбинированный элемент	1	
				13	ИШНПТ-38/161006.00.00.03.13	Ось	2	
						Стандартные изделия		
				14		Антифрикционная втулка №1	1	
				15		Винт М10-40 -12.9	4	
						ГОСТ Р ИСО 10642-2012		
					ИШНПТ-38/161006.00.00.03 СП			
		Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		
		Разраб.	Иждильдин Р.Р.				Лит.	Лист
		Пров.	Козлов В.Н.					1
		Н.контр.					Листов	
		Утв.					2	
		Пневматический зажим					ГР. 3-8/161	

Инв. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №	Инв. № дучл.	Подп. и дата

Инв. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №	Инв. № дучл.	Подп. и дата